

Estudo da dinâmica de maturação da uva em três castas brancas na Tapada da Ajuda

Joana Gonçalves Borrões

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em
Viticultura e Enologia

Orientador: Doutor Carlos Manuel Antunes Lopes

Júri:

Presidente: Doutor Jorge Manuel Rodrigues Ricardo da Silva, Professor Catedrático do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Vogais: Doutor Carlos Manuel Antunes Lopes, Professor Associado com agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Doutor Joaquim Miguel Rangel da Cunha Costa, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

À minha avó...

*Agora que não estás
Rego eu o teu jardim*

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer de forma muito especial à minha mãe e avó que deram tudo para eu poder ser o que sou e estar onde estou hoje. Ao meu pai e avô e restante família, pelo amor, apoio, educação, sacrifício e ensinamentos que me transmitiram. Sem tudo isto o percurso até aqui não teria sido nem fácil nem possível.

Ao meu orientador Professor Doutor Carlos Lopes, pelos ensinamentos e apoio em todo o meu percurso académico e pela disponibilidade incansável enquanto orientador.

Ao João Graça pelo apoio na recolha de dados de campo e ao Daniel e à Diana pela ajuda nas análises laboratoriais.

À Carmen, à Carocha, à Leo e à Nokas, sem elas não teria sido tão divertido.

Ao Pedro, que, na reta final, deu o apoio precioso.

Resumo

Este trabalho consistiu no acompanhamento da dinâmica da maturação da uva na busca da forma mais adequada de prever e determinar a data de vindima. O acompanhamento foi realizado durante o ano de 2017, nas castas Alvarinho, Encruzado e Arinto situadas na vinha do Instituto Superior de Agronomia, na região vitivinícola de Lisboa.

O acompanhamento da maturação foi feito através de colheitas semanais de amostras de bagos e análise físico-química da sua composição, nomeadamente o teor em sólidos solúveis, o pH e acidez total. A determinação destes parâmetros, não só permitiu o acompanhamento da cinética da maturação, como também permitiu o cálculo de vários índices de maturação.

Com este trabalho procurou-se também estudar a influência da temperatura na cinética da maturação, nomeadamente nas taxas de acumulação e degradação dos açúcares e ácidos, respetivamente. Grande parte das alterações na evolução da maturação estão relacionadas com o fator temperatura, tendo-se verificado que os graus dia acumulados conseguiram explicar uma elevada percentagem (≈ 0.99) da variabilidade do °Brix e da acidez total na uva.

Os resultados obtidos permitiram observar a variabilidade das taxas de acumulação e degradação que as castas apresentam entre si.

Os resultados evidenciaram também a dificuldade em estabelecer valores ótimos standard dos índices de maturação (°Brix/Acidez Total, °Brix.pH e °Brix.pH²) e que estes índices não parecem ser adequados para a comparação do estado de maturação entre diferentes castas.

.

Palavras-chave: maturação uva, acidez total, teor em sólidos solúveis, temperatura, índices bioclimáticos

Abstract

This work consisted in monitoring the dynamics of grape ripening in search of the most adequate way to predict and determine the date of harvest. The monitoring was carried out during the year 2017, in the Alvarinho, Encruzado and Arinto varieties located in the vineyards of the Superior Institute of Agronomy, in the wine region of Lisbon.

The ripening of the grapes was monitored by weekly sampling of berries and physicochemical analysis of their composition, namely soluble solids content, pH and total acidity. The determination of these parameters not only allowed the ripening kinetics to be monitored, but also allowed the calculation of several maturation indices.

The aim of this study was to assess the influence of temperature on the ripening kinetics, namely the rates of accumulation and degradation of sugars and acids, respectively. Most of the changes in the ripening evolution are related to the temperature factor, and it was verified that the accumulated GDD could explain a high percentage (≈ 0.99) the variability of the °Brix and the total acidity in the grapes.

The results obtained show the variability of the rates of accumulation and degradation that the varieties present among themselves. The results also showed the difficulty in establishing standard optimal values of ripening indices (°Brix/Acidez Total, °Brix.pH e °Brix.pH²) and that these indices do not seem to be adequate for the comparison of ripening status among different varieties.

Key words: grapevine ripening, total acidity, soluble solids content, temperature, bioclimatic indexes

Índice

Agradecimentos.....	I
Resumo	II
Abstract	III
Índice.....	IV
Índice de figuras	VI
Índice de quadros	VII
Lista de abreviatura	VIII
1. Introdução	1
2. Revisão bibliográfica.....	3
2.1. Dinâmica da maturação.....	3
2.1.1. Crescimento do bago e maturação.....	3
2.1.2. Evolução dos açúcares.....	5
2.1.3. Evolução dos ácidos	7
2.2. Fatores que influenciam a maturação	8
2.2.1. Temperatura	9
2.2.2. Radiação solar.....	13
2.2.3. Disponibilidade hídrica.....	14
2.2.4. Área foliar.....	15
2.3. Definições de maturação.....	15
2.4. Marcação da data de vindima	16
2.4.1. Controlo de maturação	17
3. Material e métodos.....	19
3.1. Caracterização do local.....	19
3.2. Castas	19
3.3. Caracterização climática	20
3.4. Caracterização do solo.....	20

3.5. Medições	20
3.5.1. Amostragem	20
3.6. Análises laboratoriais	21
3.6.1. Teor em sólidos solúveis.....	21
3.6.2. Acidez total.....	21
3.6.3. pH	21
3.7. Área Foliar	21
4. Resultados e Discussão.....	24
4.1. Clima	24
4.1. Área Foliar	24
4.2. Evolução da maturação.....	25
4.2.1. Alvarinho.....	25
4.2.2. Encruzado.....	26
4.2.3. Arinto	27
4.3. Análise comparativa das castas	28
4.4. Relação entre °Brix e os graus-dia	29
4.5. Relação entre a acidez total e os graus-dia	32
4.6. Índices de maturação	34
5. Conclusões	36
6. Bibliografia	37

Índice de figuras

Figura 1 - Estrutura do bago maduro. Adaptada de Deloire (2010).....	3
Figura 2 - Crescimento e evolução anatômica do bago. Adaptada de Deloire (2010).....	4
Figura 3 - Representação da acumulação dos açúcares no bago. Adaptada de Deloire (2011).....	6
Figura 4 - Esquema da evolução dos principais ácidos do bago. Adaptado de Deloire (2010).....	8
Figura 5 - Representação das necessidades térmicas de diversas castas durante a maturação, As barras horizontais representam a faixa de temperaturas que cada variedade amadurece e produz vinhos de alta qualidade nas regiões de referência do mundo (Jones, 2006).....	12
Figura 6 - Precipitação média mensal (mm) e temperatura média mensal do ar (°C) do ano 2017 e média de 30 anos (1971-2000). (Portal do Clima, s.d.).....	24
Figura 7 - Evolução do teor de açúcares no bago (a); acidez total (AT) no bago (b); pH no bago (c); na casta Alvarinho; As barras verticais representam o erro padrão da média, nem sempre visíveis.....	25
Figura 8 - Evolução do teor de açúcares no bago (a); acidez total (AT) no bago (b); pH no bago (c); na casta Encruzado; As barras verticais representam o erro padrão da média, nem sempre visíveis.....	26
Figura 9 - Evolução do teor de açúcares no bago (a); acidez total (AT) no bago (b); pH no bago (c); na casta Arinto; As barras verticais representam o erro padrão da média, nem sempre visíveis.....	27
Figura 10 - Evolução do teor de açúcares no bago; b) evolução da acidez total no bago; c) evolução do pH no bago; As barras verticais representam o erro padrão da média, nem sempre visíveis; DAP – dias após o pintor.....	28
Figura 11 – Relação entre os graus dia acumulados (GD acumulados) (variável independente) e o °Brix (variável dependente) relativamente às castas: a) Alvarinho; b) Encruzado; c) Arinto;.....	30
Figura 12 - Evolução da taxa de acumulação de açúcares ao longo da maturação relativamente às castas: a) Alvarinho; b) Encruzado; c) Arinto; As barras verticais representam o erro padrão da média, nem sempre visíveis; GD – graus dia.....	31
Figura 13 - Relação entre os graus dia acumulados (GD acumulados) (variável independente) e a acidez total (AT) (variável dependente) relativamente às castas: a) Alvarinho; b) Encruzado; c) Arinto; As barras verticais representam o erro padrão da média, nem sempre visíveis;.....	32

Figura 14 - Evolução da taxa de degradação da acidez ao longo da maturação relativamente às castas: a) Alvarinho; b) Encruzado; c) Arinto; As barras verticais representam o erro padrão da média, nem sempre visíveis; GD – graus dia.....33

Figura 15 - Evolução dos índices ao longo da maturação a) °Brix/AT; b) °Brix.pH; c) °Brix.pH², as barras verticais representam o erro padrão da média, nem sempre visíveis; AT – acidez total34

Índice de quadros

Tabela 1 - Índices bioclimáticos, equação e fonte11

Tabela 2 - Área foliar total por videira (AFTotal/vid) e relação área foliar/produção; DAP - dias após o pintor;25

Tabela 3 - Índices de maturação e valores ótimos. Fonte Coombe *et al.* (1980)18

Lista de abreviatura

AF	Área foliar individual
AFM	Área foliar média
AFP	Área foliar principal por sarmento
AFS	Área foliar secundária por sarmento
AFTotalVid	Área foliar total por videira
AT	Acidez total
DAP	Dias após o pintor
GD	Graus dia
GDA	Graus dias acumulados
P	Precipitação
R^2	Coeficiente de determinação
Tm	Temperatura média

1. Introdução

A ligação da vinha e do vinho com o Homem vem desde o início dos tempos sendo a videira das primeiras espécies a ser domesticada e é atualmente uma cultura com grande peso na economia mundial. Segundo dados da FAO (2018) em 2016 a área plantada de vinha e a produção foram, respetivamente, 7,096,741 ha e 77,438,929 t enquanto que, segundo dados do IVV (2017), a vinha ocupa em Portugal uma área de cerca 190 mil hectares.

A uva, fruto produzido pela videira *Vitis vinifera* L., é um fruto com características únicas para a produção de vinho. Estas características passam pela grande capacidade de acumulação de açúcares em formas suscetíveis de serem fermentadas pelas leveduras, e também por fazerem parte da sua composição compostos como os ácidos, compostos fenólicos e aromáticos que vão conferir as características organolépticas encontradas no vinho (Kennedy, 2002; Magalhães, 2015).

Desde os primórdios da produção de vinho até aos dias de hoje que o perfil do consumidor se alterou bastante, havendo cada vez mais uma demanda por vinhos de mais alta qualidade. A qualidade percebida num vinho é o reflexo da composição química deste no momento em que é consumido, uma vez que são os compostos que o constituem que vão ser detetados sensorialmente. A composição química de um vinho está intrinsecamente relacionada com a composição química das uvas aquando da vindima. Assim, a marcação da data de vindima surge como uma das decisões mais importantes feitas pelos viticultores/enólogos, uma vez que esta decisão vai ditar os limites na qualidade potencial do vinho a ser produzido. A demanda pela qualidade leva à necessidade de critérios mais precisos para avaliar a altura ótima de vindima (Keller, 2004). É um desafio ter uvas de qualidades todos os anos para manter o estilo de vinho produzido devido à variabilidade anual das condições climáticas e devido ao efeito do clima na maturação (Fiola, 2016). Vindimar cedo demais ou demasiado tarde pode ter efeitos negativos na produção e qualidade, assim na busca do momento ideal para vindimar as uvas surge o conceito de controlo de maturação que permite acompanhar a cinética da maturação de forma a se tomarem decisões mais conscientes na elaboração de vinhos de qualidade (Dami, 2014; Hellman, 2004).

A composição da uva pode ser influenciada por fatores como as operações culturais, o tipo de solo, mas de forma mais marcada pelo clima e pelas características intrínsecas à casta (Jackson & Lombard, 1993). De todos os fatores climáticos aquele que é considerado mais impactante no crescimento da videira e na composição do bago é a temperatura (Iland *et al.*, 2011).

A temperatura é um fator fundamental no desenvolvimento da vegetação de uma forma geral (Monteith, 1977) e da videira em particular (Pouget, 1972; Winkler *et al.*, 1974; Huglin 1986), controlando o ritmo a que ocorrem os diversos estados fenológicos do seu ciclo de desenvolvimento, incluindo o desenvolvimento e maturação dos bagos.

Considerando a importância da temperatura composição do bago têm sido desenvolvidos variados índices bioclimáticos com base nesta, usados, não só na zonagem vitícola, mas também para estimar o potencial de maturação e explicar a variabilidade na composição dos bagos à vindima (Lopes *et al.*, 2017). O estudo da influência da temperatura na maturação das uvas reverte-se de elevada importância pois acompanha a crescente preocupação relativamente ao impacto e consequências das alterações climáticas na viticultura.

O trabalho proposto tem como objectivo principal estudar métodos simples para determinar o ponto ótimo de maturação das uvas visando ajudar e sustentar a tomada de decisão do viticultor sobre quando vindimar. Procura-se também estudar a influência que a temperatura exerce em toda a dinâmica da maturação.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Dinâmica da maturação

2.1.1. Crescimento do bago e maturação

Após o vingamento os ovários das flores desenvolvem-se em bagos carnudos (Dokoozlian, 2000). Os bagos das uvas são frutos não climatéricos constituídos, de uma forma geral, pelas grainhas e 3 camadas de tecidos: epicarpo (película), mesocarpo (polpa) e endocarpo (tecido junto às grainhas) (Fig.1) (Deloire, 2010).

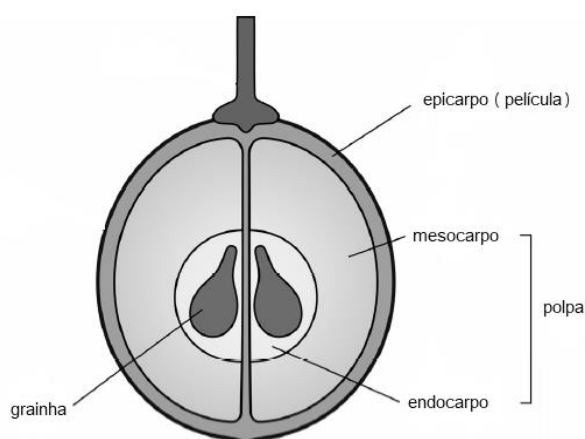


Figura 1 - Estrutura do bago maduro. Adaptada de Deloire (2010)

Durante o desenvolvimento dos bagos estes sofrem modificações no tamanho, composição, cor, textura e sabor (Conde *et al.*, 2007) e o seu crescimento segue duas curvas de crescimento sigmoidais sucessivas separadas por uma fase estacionária (Coombe, 1992). O crescimento e desenvolvimento do bago por ser dividida em três fases, crescimento herbáceo, fase translúcida e maturação, em que em todas as fases ocorrem mudanças específicas nos bagos (Coombe, 1976).

A primeira fase, que consiste no chamado crescimento herbáceo, tem início no vingamento e termina pouco antes do pintor (Deloire, 2010). Nesta fase o bago comporta-se como qualquer outro órgão verde da planta, em que a respiração e fotossíntese estão ativas. Esta fase é caracterizada pela formação das grainhas, película e polpa, pela acumulação de ácidos orgânicos e por um rápido crescimento dos bagos, inicialmente graças à divisão celular e posteriormente, com o cessar da divisão celular e com a acumulação de solutos e água, à expansão celular (Conde *et al.*, 2007; Coombe, 2000; Deloire, 2010; Iland *et al.*, 2011; Kennedy, 2002; Ojeda *et al.*, 1999). Nesta altura os bagos são duros e verdes (Coombe, 2000; Dokoozlian, 2000) e o número de células, o tamanho final e a forma do bago ficam estabelecidos (Coombe, 2000; Kennedy, 2002).

Após o crescimento herbáceo surge um período, designada fase *lag*, onde o crescimento do bago abranda de forma marcada ou cessa por completo (Deloire, 2010; Magalhães, 2015). Durante este período o bago atinge a concentração máxima em ácidos orgânicos e as grainhas atingem o seu tamanho definitivo (Deloire, 2010; Magalhães, 2015; Mullins *et al.*, 1992). A fase *lag* termina no pintor, pintor é o termo português utilizado para denominar o começo da mudança de cor dos bagos. No pintor os bagos das castas brancas passam de verde para tons amarelados já nos bagos das castas tintas a mudança é mais acentuada, alterando de verde para tons entre o vermelho e o púrpura (Iland *et al.*, 2011).

O pintor marca o início da fase de maturação dos bagos, que continua até à vindima, sendo a fase onde ocorrem as alterações mais dramáticas na composição dos bagos (Conde *et al.*, 2007; Coombe, 2000; Robinson & Davies, 2000;).

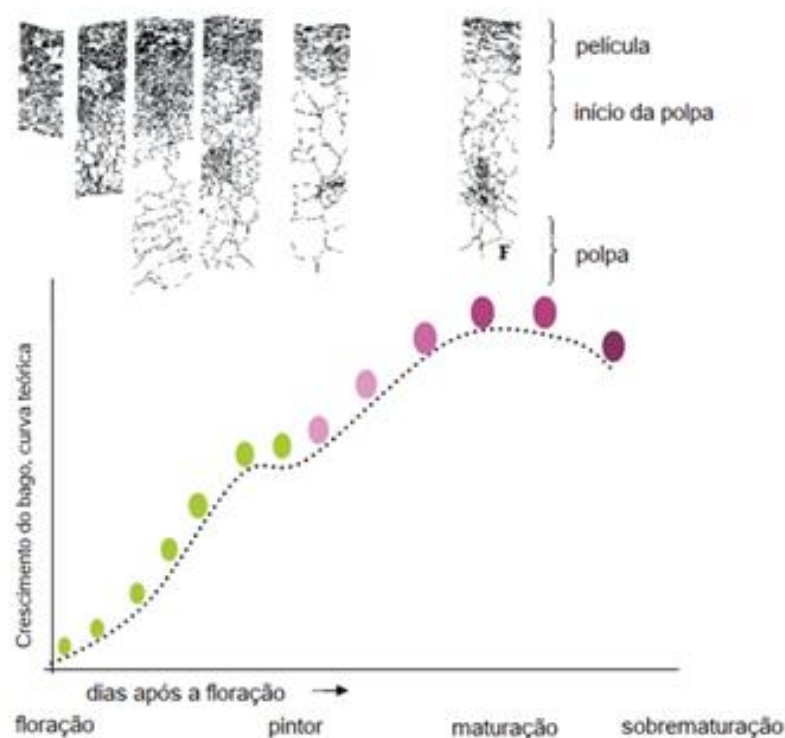


Figura 2 - Crescimento e evolução anatômica do bago. Adaptada de Deloire (2010)

O início da maturação em frutos não climatéricos é normalmente menos marcado que nos frutos climatéricos, mas no caso das uvas este início é bem explícito (Mullins *et al.*, 1992). Esta fase começa com o início da acumulação de açúcares, liquefação da polpa, com a pigmentação dos bagos, novo aumento do volume dos bagos e uma diminuição do pH (Conde *et al.*, 2007; Coombe, 2000; Mullins *et al.*, 1992), como está representado na figura 2. A maior parte destas alterações ocorrem muito rapidamente dentro do bago, num intervalo de 24 a 48 horas (Mullins *et al.*, 1992).

De uma forma geral, durante a fase de maturação, os bagos duplicam o seu tamanho devido exclusivamente à expansão celular (Kennedy, 2002; Mullins *et al.*, 1992), sendo os vacúolos os principais reservatórios dos açúcares, ácidos orgânicos, compostos fenólicos, compostos do aroma, iões e água (Davies *et al.*, 2012). Muitos dos solutos acumulados durante a fase herbácea permanecem até à vindima, mas, uma vez que o bago aumenta de volume, as suas concentrações diminuem consideravelmente devido ao efeito da diluição. Por outro lado, há compostos que efetivamente sofrem uma diminuição durante a maturação (Kennedy, 2002).

Alguns dos principais compostos do vinho que influenciam a sua perceção sensorial e são a chave da qualidade deste, são os ácidos, açúcares, compostos fenólicos e compostos dos aromas, sendo que estes compostos têm origem nas uvas. As alterações que têm lugar durante a maturação não ocorrem de forma simultânea, os diferentes compostos evoluem de forma diferente ao longo do período de maturação, por esta razão o acompanhamento e estudo da evolução destes compostos revela-se de grande importância. (Coombe & Dry, 2004)

2.1.2. Evolução dos açúcares

As uvas são dos frutos mais ricos em açúcares (Deloire, 2010). A acumulação dos açúcares nos bagos é um dos fenómenos mais importantes e condicionantes do processo da maturação, uma vez que, por um lado, vai determinar o potencial em álcool do vinho, e por outro lado é o ponto de partida para a síntese de outros compostos importantes para a qualidade do vinho, nomeadamente polifenóis, antocianas e aromas (Magalhães, 2015).

Os açúcares produzidos através da fotossíntese nas folhas são transportados exclusivamente sob a forma de sacarose, composto constituído por uma molécula de frutose e uma de glucose, via floema, para os bagos onde é hidrolisada em frutose e glucose (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2000), sendo que estas duas hexoses constituem grande parte do extrato seco dos bagos (Coombe, 1992; Deloire, 2010).

Durante todo o crescimento herbáceo a concentração em açúcar é praticamente nula, semelhante à das folhas (2% do peso fresco do bago), pois estes são intensamente metabolizados para o desenvolvimento do fruto e, particularmente, para o crescimento e maturação das grainhas (Deloire, 2010; Dokoozlian, 2000; Ribéreau-Gayon *et al.*, 2000).

A acentuada acumulação dos açúcares nas uvas tem início após o pintor e pode alcançar, à vindima, valores acima dos 25% do peso fresco do bago (Coombe & Dry, 2004; Curvelo-Garcia & Barros, 2015; Deloire, 2010; Dokoozlian, 2000; Magalhães 2015;).

Sendo a sacarose a principal forma pela qual os produtos da fotossíntese são transportados seria de esperar que o quociente glucose/frutose presente nos bagos fosse 1, mas tal não acontece, durante o crescimento herbáceo a glucose é mais abundante que a frutose, já que esta é consumida de forma preferencial em reações de síntese (Deloire, 2010; Magalhães, 2015; Ribéreau-Gayon *et al.*, 2000). Durante a maturação os níveis de frutose e glucose gradualmente vão-se equilibrando devido ao abrandamento da atividade de síntese (Magalhães, 2015; Coombe & Dry, 2004; Ribéreau-Gayon *et al.*, 2000).

De acordo com Deloire (2011) a acumulação dos açúcares no bago pode seguir três padrões diferentes:

- a) Rápida e constante acumulação, ocorre após o pintor e está relacionada com o ativo funcionamento das folhas que fornecem os bagos durante a sua fase de desenvolvimento. Este padrão de acumulação está associado um crescimento vegetativo acentuado e volume dos bagos maior.
- b) Lenta acumulação de açúcares, está associada à paragem da maturação e pode ser indicativa de desequilíbrios nas videiras, como por exemplo, deficit hídrico excessivo ou excesso de rendimento.
- c) Acumulação apresentada uma fase estacionária, a acumulação ocorre até atingir uma fase estacionária que representa a paragem da acumulação de açúcares e corresponde à maturação.

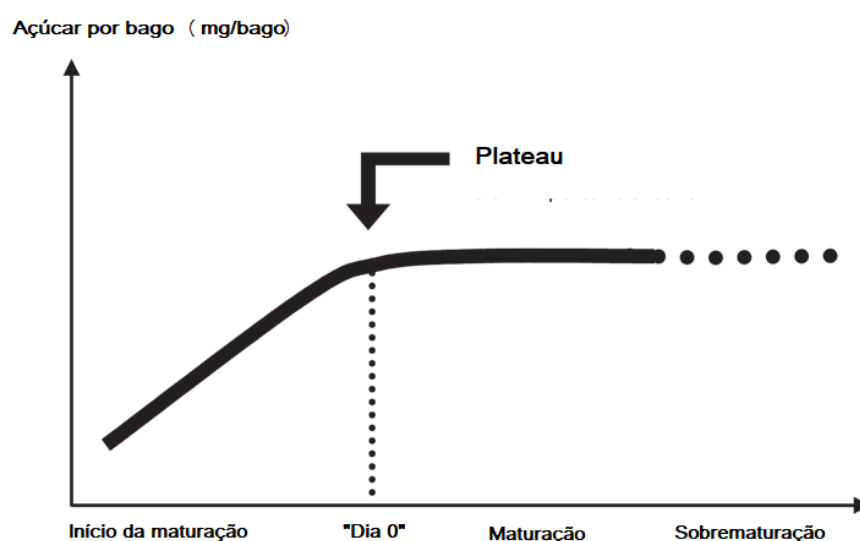


Figura 3 - Representação da acumulação dos açúcares no bago. Adaptada de Deloire (2011)

A acumulação de açúcar feita pelos bagos, estando estritamente relacionada com a fotossíntese, é condicionada pelos valores de insolação e temperatura, pela água disponível no solo e também das características específicas das castas e dos porta-enxertos, do sistema de condução, do vigor e da produtividade unitária (Cardoso, 2007; Davies *et al.*, 2012; Magalhães, 2015; Peynaud, 1993).

No acompanhamento da maturação a determinação analítica da frutose e glucose é dispendiosa e de pouca praticabilidade, desta forma recorre-se com frequência ao doseamento dos chamados açúcares redutores (frutose e glucose) indiretamente através de areómetros ou refratómetros (Cardoso, 2007).

2.1.3. Evolução dos ácidos

A constituição ácida das uvas é um parâmetro de elevada importância pois vai desempenhar um papel relevante nos equilíbrios físico-químicos, na estabilidade e características organoléticas do vinho (Curvelo-Garcia & Barros, 2015).

Nas uvas os principais ácidos encontrados são o tartárico e o málico representando cerca de 90% da acidez total (Ford, 2012; Ribéreau-Gayon *et al.*, 2000), pode também ser encontrado, em menores quantidades, o ácido cítrico (Magalhães, 2015). Apesar de apresentarem estruturas químicas similares, o ácido málico e o ácido tartárico, apresentam diferentes vias metabólicas de síntese (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2000). Estes ácidos têm propriedades e padrões de evolução diferentes, o ácido tartárico é mais forte, estável e caracterizado por um “gosto ácido puro” enquanto o ácido málico, que desempenha um papel preponderante na fermentação malolática, é caracterizado por um “gosto ácido puro verde” e apresenta uma força ácida menor que o tartárico (Coombe & Dry, 2004; Curvelo-Garcia & Barros, 2015).

O ácido málico e tartárico são produzidos nas folhas e bagos verdes e, desde o vingamento até à maturação, as suas concentrações vão aumentando progressivamente, atingindo a máxima concentração antes do início da fase de maturação, havendo um declínio a partir desta segundo curvas distintas (Dokoozlian, 2000; Magalhães, 2015). Uma vez sintetizado o ácido tartárico permanece constante, uma vez que não foi encontrada nenhuma enzima capaz de o degradar no bago, assim a diminuição na sua concentração durante a maturação deve-se ao efeito de diluição aquando do aumento de volume do bago (Coombe & Dry, 2004; Dokoozlian, 2000; Magalhães, 2012). Por outro lado, a diminuição da concentração do ácido málico é mais acentuada, quando comparada com a do ácido tartárico, devendo-se não só ao efeito de diluição mas também à combustão do ácido málico para a obtenção de

energia, tendo sido encontradas diversas enzimas capazes de metabolizar o ácido málico no bago (Coombe & Dry, 2004; Dokoozlian, 2000; Magalhães, 2012; Mullins *et al.*, 1992).

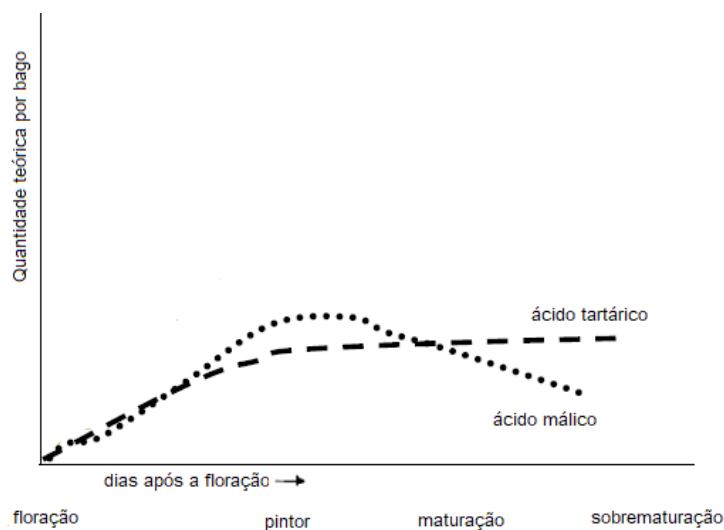


Figura 4 - Esquema da evolução dos principais ácidos do bago. Adaptado de Deloire (2010)

A temperatura é o fator determinante que controla o teor em ácidos das uvas (Dokoozlian, 2000). De uma forma geral em regiões onde a maturação ocorra a temperaturas mais baixas as uvas alcançam valores mais altos de acidez quando comparadas com uvas que amadurecem em regiões mais quentes (Dokoozlian, 2000; Magalhães, 2015). No entanto fatores como a casta, o porta-enxertos e as operações culturais têm também um papel no conteúdo em ácidos das uvas (Magalhães, 2015).

Na avaliação da componente ácida das uvas ao longo da maturação é comum recorrer-se à determinação da acidez total e do pH. A acidez total constitui um índice global representativo dos ácidos livre fixos e voláteis e informa sobre a disponibilidade potencial de íons H^+ enquanto o pH informa da disponibilidade real dos íons H^+ , muitas vezes denominada acidez real (Curvelo-Garcia & Barros, 2015).

2.2. Fatores que influenciam a maturação

A composição da uva e a sua maturação é favorecida por um vigor moderado das videiras assegurando uma adequada exposição da uva, através de um microclima arejado, com boa penetração da luz e baixa suscetibilidade a pragas e doenças (Coombe & Dry, 2004). Qualquer fator que afete o crescimento e o estado sanitário da videira tem o potencial de influenciar a aptidão da videira para amadurecer os seus frutos (Jackson, 2014). Desta forma, a composição da uva pode ser influenciada por fatores como, as operações culturais, o tipo de solo, a casta, o porta-enxerto, o rendimento e o clima (Jackson & Lombard, 1993).

Como em quase todas as áreas da agricultura o clima desempenha na viticultura um papel preponderante, determinando se uma variedade é adequada ou não a determinada região, influenciando o seu rendimento, qualidade e viabilidade económica e qual o estilo de vinho que pode resultar (Coombe & Dry, 2004). Mantendo todos os outros fatores constantes, o clima apresenta-se como o fator dominante (Barnuud *et al.*, 2014; Gladstones, 2011).

O clima em torno de uma videira pode ser considerado em diferentes escalas: macro, meso e microclima. De acordo com Smart (1977) o macroclima refere-se ao clima regional, corresponde ao clima médio num território relativamente vasto, exigindo, para a sua caracterização, dados de um conjunto de estações meteorológicas dentro da região. Mesoclima refere-se ao clima local, corresponde a uma situação particular do macroclima e explica o efeito local de topografia e modificações ambientais do macroclima. O microclima define o clima dentro e ao redor da videira e explica o efeito do crescimento e vigor da videira e das práticas culturais no mesoclima. O microclima da uva é talvez o mais importante dos três, porém é influenciado pelas condições macro e microclimáticas, desta forma, os três são importantes

Muitos componentes climáticos são importantes para a videira, sendo a temperatura, a radiação solar e a disponibilidade hídrica os principais intervenientes na dinâmica da maturação. De uma forma geral, estes têm uma ação direta nas uvas com efeitos nas suas vias metabólicas traduzindo-se em mudanças na sua composição química (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2000). Não é tarefa fácil discutir os efeitos dos diferentes componentes do clima na composição dos bagos e no estilo e qualidade do vinho, uma vez que é muito difícil estudar os efeitos de cada elemento de forma separada (Iland *et al.*, 2011).

2.2.1. Temperatura

De todos os fatores climáticos a temperatura é considerado aquele com mais impacto no crescimento da videira e na composição do bago (Iland *et al.*, 2011). A temperatura é um fator climático central na viticultura, controlando a fenologia da videira e influenciando diversos eventos do ciclo da videira, desde o abrolhamento até à maturação da uva, passando pela floração e abrolhamento (Barnuud *et al.*, 2014; Gladstones, 2011; Jackson, 2014).

A temperatura, particularmente no mês da maturação, desempenha um papel importante no estilo de vinho produzido, com grandes regiões vitivinícolas a serem caracterizadas por baixas flutuações da temperatura diurna em torno da vindima (Gladstones, 1977). A temperatura é marcante em diversos processos envolvidos na maturação dos bagos, e tanto

a temperatura das folhas como a dos bagos são muito importantes visto que a temperatura das folhas tem um papel preponderante na fotossíntese e portanto na acumulação de açúcares e desenvolvimento dos bagos, e também porque a temperatura dos bagos vai também afetar a atividade das enzimas que medeiam certas reações químicas, como por exemplo a degradação do ácido málico (Goldammer, 2015; Iland *et al.*, 2011; Magalhães, 2015). Este impacto da temperatura na maturação vai influenciar a composição da uva e a qualidade potencial do vinho (Jackson, 2014).

A acumulação de açúcares é altamente dependente da fotossíntese das folhas ao longo de todo o período de crescimento, e particularmente durante o período de maturação, que por sua vez é altamente dependente da temperatura. Temperatura entre 18-33°C, estando todos os outros fatores favoráveis, leva a que a fotossíntese ocorra próxima da taxa máxima (Iland *et al.*, 2011). Temperaturas extremamente elevadas (> 33°C) podem, no entanto, resultar numa reduzida acumulação dos açúcares resultado duma eventual diminuição da transpiração e fotossíntese (Taylor, 2004).

Por outro lado, a temperatura vai também desempenhar o seu papel na composição ácida dos bagos. De todos os componentes da acidez, é o ácido málico o mais sensível à temperatura. Durante a maturação o ácido málico é metabolizado e o seu nível tem tendência a decrescer. A diminuição dos teores de ácido málico é refletida no aumento do pH do mosto e da diminuição da acidez total. No entanto, temperaturas muito elevadas (> 45°C) podem levar a que as enzimas responsáveis pela degradação do ácido málico sejam desativadas e que a degradação do ácido málico cesse durante esses períodos. Contudo, quando a temperatura voltar a descer até condições mais favoráveis à atividade enzimática, a respiração retornará e os níveis de ácido málico voltarão a descer. Quanto mais elevada for a temperatura maior será a taxa de degradação do ácido málico (Iland *et al.*, 2011).

Tipicamente, uvas provenientes de regiões quentes têm menores concentrações em ácido málico, pH mais elevado e acidez total mais baixa do que aquelas provenientes de regiões frescas. Temperaturas mais elevadas normalmente resultam em maiores teores em açúcares e em menores teores de acidez inferindo nas características organoléticas das uvas e dos vinhos (Gladstones, 1977; Hidalgo, 2011)

Segundo Becker (1977) em regiões mais frias são as mais propícias para a produção de vinhos brancos, pois estes tendem a ser mais frescos e aromáticos enquanto em regiões mais quentes tendem a ser mais alcoólicos, menos frescos e aromáticos, sendo maior a probabilidade de produção de vinhos desequilibrados; já as regiões mais quentes tendem a ser as de eleição para a produção de vinhos tintos de qualidade.

Tendo em conta a importância da temperatura no crescimento da videira e composição do bago têm sido desenvolvidos variados índices bioclimáticos com base nesta, que são uma ferramenta largamente utilizada tanto na zonagem vitícola, com o intuito de melhor classificar as regiões em termos climáticos possibilitando descrever o potencial de uma dada região e a capacidade das castas de completarem o seu ciclo vegetativo até a um nível desejado de maturação nessa dada região (Böhm, s.d.; Lopes *et al.*, 2017; Magalhães, 2015), mas também, mais recentemente, os índices bioclimáticos, são usados para estimar o potencial de maturação e explicar a variabilidade na composição dos bagos à vindima (Lopes *et al.*, 2017).

Tabela 1 - Índices bioclimáticos, equação e fonte

Índice	Equação	Fonte
Índice temperatura média da estação	$\sum_{1/04}^{31/10} [Tmax + Tmin]$	Winkler <i>et al.</i> , 1974
Índice térmico eficaz	$\sum_{1/04}^{31/10} [((Tmax - Tmin)/2) - 10^{\circ}C]$	Amerine & Winkler, 1944
Índice de Huglin	$\sum_{1/04}^{30/9} ((Tmed - 10^{\circ}C) + (Tmax - 10^{\circ}C)/2) * d$ $\sum_{1/04}^{31/10} \min[máx[(Tmax - Tmin)/2 - 10^{\circ}], 9] DTRadj * K$	Huglin, 1978
Graus-dia biologicamente ativos	Onde, $ATRadj = \begin{cases} 0.25[DTR - 13], [DTR] > 13 \\ 0.10 < [DTR] < 13 \end{cases}$	Gladstones, 1992
Índice de Frescura das noites	Hemisfério Norte – <i>Tmin</i> (Setembro) Hemisfério Sul – <i>Tmin</i> (Março)	Tonnieto, 1999
Índice de Secura	$W = W_0 + P - Tv - Es$	Riou <i>et al.</i> , 1994

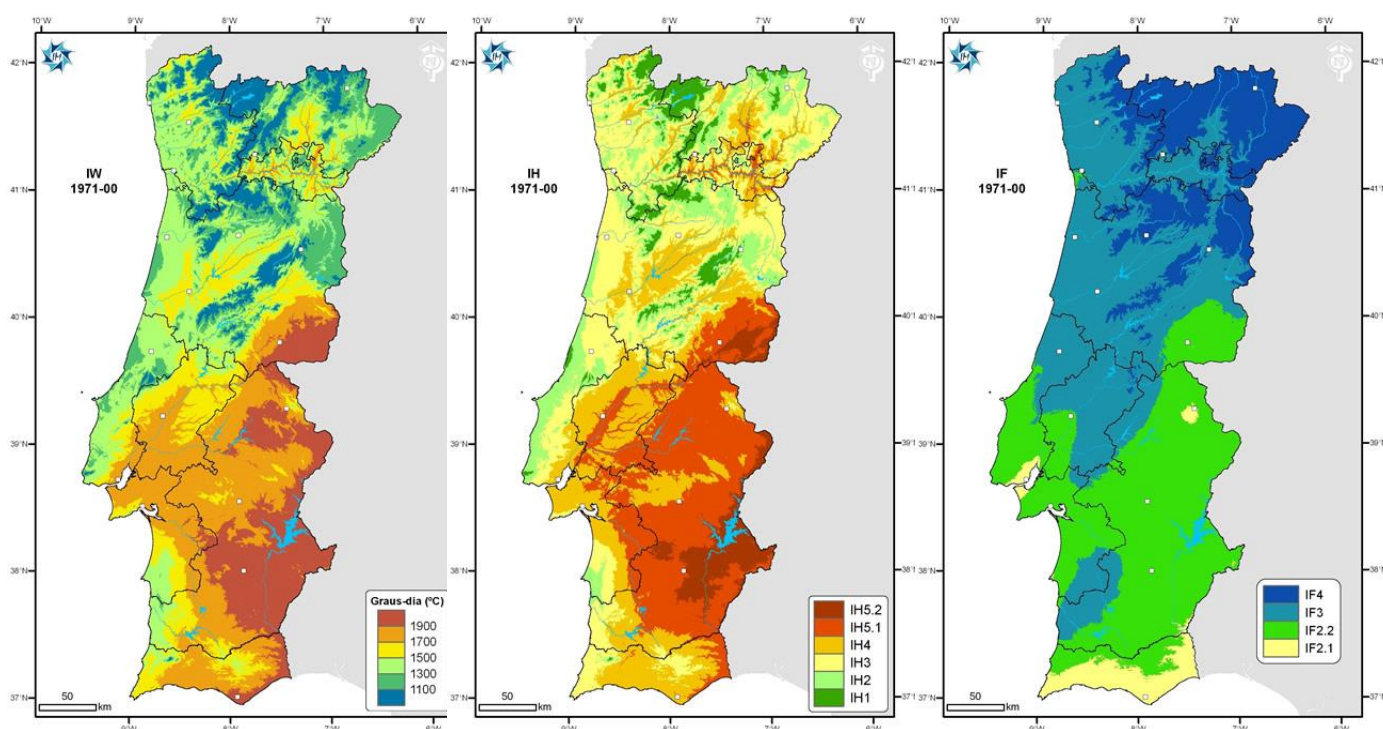


Figura 5 - Valores do índice térmico eficaz, do índice de Huglin e do índice de frescura das noites para Portugal Continental. Adaptada de IPMA (s.d.)

O índice temperatura média da estação é o mais simples índice que leva em conta a temperatura. É calculado a partir da soma da temperatura média do ar entre abril e outubro, no hemisfério Norte. A partir deste índice Jones (2006) definiu faixas de temperaturas que caracterizam as necessidades térmicas de cada variedade aquando da maturação como é possível observar na figura 5.

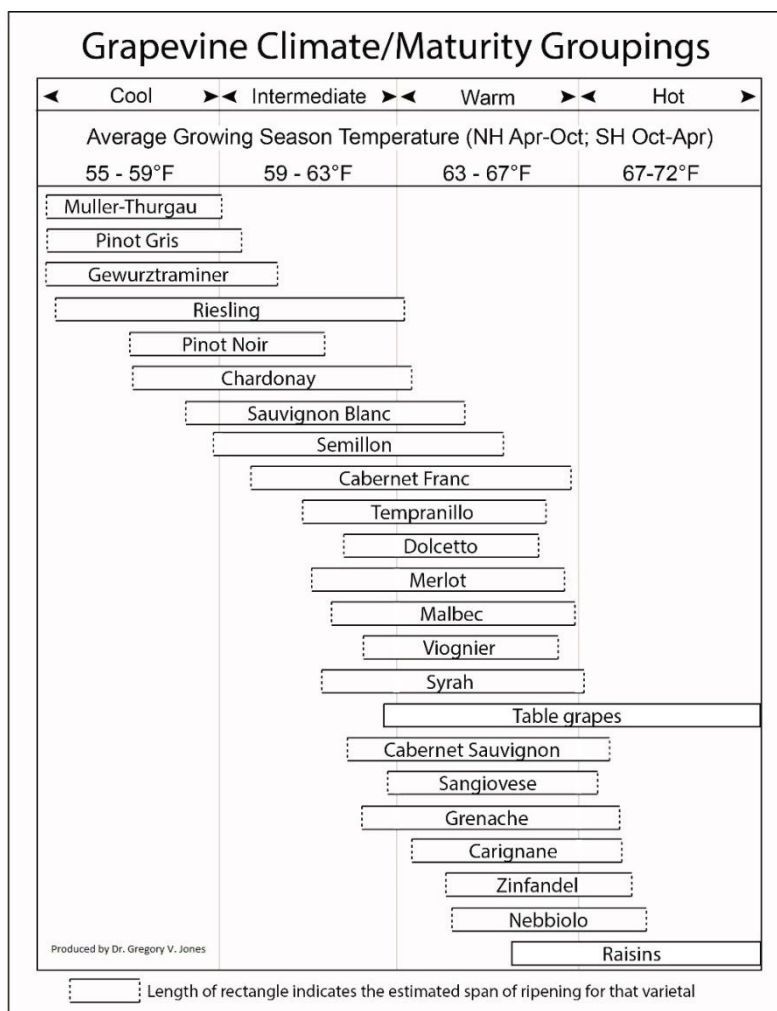


Figura 6 - Representação das necessidades térmicas de diversas castas durante a maturação, As barras horizontais representam a faixa de temperaturas que cada variedade amadurece e produz vinhos de alta qualidade nas regiões de referência do mundo (Jones, 2006)

O índice térmico eficaz, também conhecido por índice de Winkler, trata-se de um índice muito simples, que tem como base o cálculo dos chamados graus-dia acumulados, que consiste numa medida de calor acumulado. A teoria dos graus dias assume que o crescimento da planta começa a partir de uma determinada temperatura base e é calculado através do somatório das temperaturas ativas, ou seja, temperatura média subtraída pela temperatura base da videira (10°C), para o período de abril a outubro no Hemisfério Norte (Böhm, s.d.; Magalhães, 2015). A temperatura base da videira foi estabelecida a 10°C porque quase que não existe crescimento até essa temperatura (Boehm, 1970). O

crescimento da maior parte das variedades da espécie *Vitis vinifera* L. requerem uma larga acumulação de graus dia para que as suas uvas amadureçam satisfatoriamente. Graus dias insuficientes podem não permitir uma adequada acumulação de açúcares.

O índice heliotérmico de Huglin trata-se de uma versão alterada do índice de Winkler com a vantagem de integrar a duração do dia, que é quando efetivamente ocorre a fotossíntese, além da temperatura máxima do ar, variáveis que têm uma forte intervenção sobre o desenvolvimento e qualidade da uva (Böhm, s.d.). É calculado para um período de 6 meses, de Abril a Setembro no hemisfério Norte, não integrando os dados de Outubro, que sendo normalmente um mais frio, poderia distorcer os resultados (Magalhães, 2015).

O índice graus-dia biologicamente ativos utiliza ajustes semelhantes ao índice Huglin, emprega ajustes para estimar o intervalo da temperatura diurna, bem como ajustes para o comprimento do dia (Gladstones, 1992).

O índice de Frescura das noites toma em conta a média das temperaturas mínimas do mês em que a maturação ocorre, sendo de uma forma geral usado os dados do mês de setembro para o hemisfério Norte. No entanto em regiões mais quentes, em que a maturação ocorre mais cedo, são utilizados dados do mês de agosto ao invés dos do mês de setembro. Este índice é utilizado para a avaliação do potencial qualitativo de uma região em termos de metabolitos secundários, como aroma e polifenóis, bem como desenvolvimento da cor tendo em linha de conta que amplitudes térmicas significativas com noites relativamente amenas durante a maturação tendem a ser benéficas para a produção dos compostos nobre do vinho (Böhm, s.d.; Magalhães, 2015).

Além da temperatura, as disponibilidades hídricas, como será explicado no capítulo 3.2.3, também desempenham um papel preponderante no desenvolvimento da videira sendo também desenvolvidos índices bioclimáticos que levam em consideração este parâmetro. É o caso do índice de secura, que é calculado a partir do modelo de Riou (1994) do balanço hídrico. Com este índice tenta-se prever a água disponível para a videira levando em conta as reservas do solo, a evaporação da água do solo, a transpiração da videira e a precipitação

.

2.2.2. Radiação solar

A radiação solar tem múltiplos efeitos no desenvolvimento da videira, ao longo das várias etapas de crescimento desta, a quantidade de radiação solar interceptada é crítica na manutenção dos níveis adequados de fotossíntese. Além do efeito direto na fotossíntese interfere também no atemperamento dos sarmentos, na floração e na maturação e

composição das uvas (Jackson , 2014). Bagos expostos ao sol tendem a ter pH mais alto, teor mais elevado em açúcares e antocianinas em comparação com bagos que se desenvolvem em zonas mais ensombradas que apresentam sempre menores teores em açúcares, acidez mais elevada, pH mais baixo (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2000).

2.2.3. Disponibilidade hídrica

A água, sendo um dos componentes maioritário da videira, condiciona e permite inúmeras funções essenciais, como a transpiração, a fotossíntese, e o transporte de nutrientes e fotoassimilados, e como consequência um extenso número de processos com estes relacionados (Hidalgo, 2011; Magalhães, 2015). É também responsável, pela sua ação na turgescência das células, pelos processos de crescimento vegetativo (Lopes, 2008).

A videira é considerada uma espécie pouco exigente relativamente à disponibilidade de água, ainda assim existem momentos chave em que é essencial uma disponibilidade de água adequada para se alcançarem os objetivos de produção pretendidos (Hidalgo, 2011). A utilização da água pela videira tem variações ao longo do seu ciclo, acompanhando o aumento da área foliar (Lopes, 2008)

Quanto à maturação, a maior ou menor disponibilidade de água pode ter efeitos na composição da uva, sendo os efeitos dependentes da intensidade e da fase em que ocorre (Lopes, 2008; Magalhães, 2015)

Tanto condições de conforto hídrico como de stress podem ter impactos negativos na dinâmica da maturação, e na qualidade da uva. Condições de excesso de água disponível para a videira estimulam um crescimento vegetativo permanente, o que resulta numa competição com a maturação, podendo levar a atrasos desta, microclimas desfavoráveis, pouca exposição dos cachos, problemas fitossanitários, crescimento exagerado dos bagos, produções elevadas, originando uvas e vinhos desequilibrados. Em condições de stress hídrico pode ocorrer uma alteração prejudicial do microclima dos cachos por senescência precoce das folhas basais, os cachos poderão ficar demasiado expostos à radiação solar, resultando num microclima menos favorável com o aparecimento de escaldões ou sobrematuração precoce dos bagos levando a deficientes maturações. Já um stress hídrico moderado apresenta-se como a situação ideal relativamente à maturação, permitindo um melhor microclima do cacho, devido à diminuição da competição por parte crescimento vegetativo e dá primazia à acumulação de compostos associados à qualidade da uva e do vinho. (Lopes, 2008; Santos *et al.*, 2005)

2.2.4. Área foliar

A área foliar das plantas é um parâmetro de grande importância, pois pode fornecer aos viticultores indicações relevantes sobre a condição da vinha. Como as folhas são os órgãos onde a radiação solar é convertida em carboidratos através da fotossíntese, a área foliar é assim um parâmetro importante fornecendo indicações sobre a capacidade fotossintética e transpiração da planta (Baeza *et al.*, 2010).

A partir da estimativa da área foliar, podem-se calcular índices que dão indicações sobre o equilíbrio da videira. A produção de uvas de qualidade exige videiras equilibradas, isto é, videiras de vigor moderado com uma expressão vegetativa adequada à quantidade de uvas. Um exemplo disso é o índice área foliar (cm^2) /g uva. Smart & Robinson (1991) como valor ideal $12 \text{ cm}^2/\text{g}$. Williams *et al.* (1987) e Kliewer *et al.* (1988) consideram que a área foliar para a produção de um grama de fruto deverá estar entre 5 a 14 cm^2 .

2.3. Definições de maturação

Do ponto de vista da videira, as uvas desempenham apenas o papel de propagar os genes da planta e o seu desenvolvimento, normalmente, termina quando estas, completamente maduras, são ingeridas por pássaros ou mamíferos (Keller, 2004). As características da uva, nomeadamente o teor em açúcares, os pigmentos e os aromas voláteis, são a estratégia adotada pela planta para atrair os animais para que estes dispersem as suas sementes, sendo esta estratégia a responsável pelas características que o homem valoriza na uva e no vinho (Bisson, 2001; Keller, 2004).

De uma forma geral pode definir-se três tipos de maturação, a fisiológica, a industrial e a tecnológica (Magalhães, 2015). A maturação fisiológica é aquela alcançada quando as grainhas estão aptas para germinar (Dami, 2014), nesta altura a uva tem pouco valor comercial e enológico já que as uvas apresentam baixos teores em açúcares e elevada acidez, já a maturação industrial passa pela acumulação máxima de açúcar, baixa acidez e valor máximo da relação entre os açúcares e a acidez total (Carbonneau *et al.*, 1998; Magalhães, 2015). Por outro lado, a maturação tecnológica passa pelo equilíbrio de vários parâmetros tecnológicos, como o teor em açúcares, acidez total e concentração dos compostos aromáticos, sendo o momento ótimo para vindimar determinado em função do objetivo e estilo de vinho pretendido (Ribera-Fonseca *et al.*, 2016; Magalhães, 2015).

O desenvolvimento e maturação das uvas é um processo contínuo no qual não existe uma fase ou ponto específico em que estas as uvas se possam considerar universalmente

maduras(Hellman, 2004). Por exemplo, a produção de vinhos brancos requer uvas cujas substâncias aromáticas se encontram na sua máxima concentração e ao mesmo tempo que tenham uma boa acidez, assim em certas situações uma vindima precoce pode ser favorável. Por outro lado, na produção de vinho tinto os compostos fenólicos são a principal preocupação (Jackson, 2014)

2.4. Marcação da data de vindima

A marcação da data de vindima é provavelmente a decisão vitivinícola mais importantes a ser tomada pelos produtores, não só pela dificuldade em avaliar o estado de maturação das uvas na vinha mas também porque esta decisão vai impor limites na qualidade potencial do vinho a ser produzido, uma vez que é a composição química das uvas à vindima que vai ditar em grande parte a composição do vinho. (Dami, 2014; Jackson, 2014). Certas práticas enológicas podem equilibrar algumas deficiências na qualidade da uva, mas não podem compensar completamente os defeitos inerentes (Jackson, 2014). É uma decisão complexa que passa também pelo compromisso entre a disponibilidade de mão-de-obra ou máquina de vindimar, as previsões meteorológicas, o estado sanitário da uva, a capacidade de receção da adega, o estado de maturação das uvas e o estilo de vinho que se quer produzir (Coombe, 1992).

Teoricamente, a definição da data de vindima deveria ser definida tomando em consideração as características da uva, no entanto o que acontece em muitos casos é a vindima ser marcada com base na experiência do viticultor, nas datas das colheitas anteriores, na tradição da região vitícola onde a vinha se insere (Carvalheira, 2013). A tomada de decisão estando apenas sustentada nestes parametros é insuficiente, devido aos inúmeros fatores que podem influenciar e fazer variar a data ideal.

A data de vindima não dever ser marcada empiramente, é necessário mais rigor suportando a decisão em parametros mais objectivos, é aconselhável a execução de chamado controlo de maturação para a obtenção de dados que permitam determinar-la de forma mais objectiva (Dias, 2006). A determinação do teor em açúcares, do peso do bago, da acidez e do pH da uva tornou-se um dos métodos standard no acompanhamento da maturação e como ferramenta para a determinação da data de vindima, devido à sua abundância e fácil medição e também por possuírem uma tendência de evolução padrão que permite o estabelecimento de índices de fácil comparação. Já relativamente à quantificação dos compostos do aroma é difícil e cara de implementar e, portanto, não são comumente quantificados sendo avaliados sensorialmente (Dami, 2014).

2.4.1. Controlo de maturação

O acompanhamento da maturação é crucial para a marcação da data de vindima. O controlo de maturação consiste, normalmente, na colheita de amostras e, a partir desta amostragem, a determinação química dos teores dos vários constituintes mensuráveis da uva (teor em sólidos solúveis, acidez, pH e a prova gustativa dos bagos) (Carvalheira, 2013; Dias, 2006).

A amostragem é normalmente feita de uma forma regular a partir do pintor, uma vez por semana no início da maturação e, posteriormente, com o aproximar da vindima, duas vezes por semana (Dias, 2006).

Na recolha das amostras há que ter em conta a variabilidade inerente à vinha, é importante que a amostra recolhida providencie uma boa estimativa da composição de toda a parcela, dando informação sobre a maturação geral da parcela (Coombe, 1992).

2.4.2. Índices de maturação

Não foi ainda desenvolvida uma fórmula universal para caracterizar as uvas no pico da maturação (Rosa, 2001). A maturação pode ser descrita como a altura em que os parâmetros analíticos como o teor em açúcares, a acidez, o pH e outros compostos alcançam um equilíbrio e certas características como o aroma, o sabor e a cor estão completamente desenvolvidos de acordo com o estilo do vinho que se pretende produzir (Johnson, 1995).

O acompanhamento da cinética da maturação e a tomada de decisão sobre a data de vindima é muitas vezes tomada com base na evolução dos vários indicadores, como o teor em açúcares, a acidez e o pH de forma individual e separadamente. No entanto, vários índices de maturação foram desenvolvidos para expressar os vários níveis de maturação (Rosa, 2001).

Os índices de maturação consistem na relação de dois ou mais parâmetros da uva, como o teor em açúcares, a acidez total, o pH, facultando um valor único. O uso de índices como critério de maturação são uma forma de simplificar a definição da data de vindima, tendo como guia valores ótimos standard para estes índices. Para ser bem sucedido o índice deve espelhar a evolução da maturação (Coombe *et al.*, 1980).

A observação empírica da variação inversa dos açúcares e da acidez levou ao desenvolvimento do índice açúcar/acidez, em que normalmente o teor em açúcar é medido por refração, podendo ser expresso, por exemplo em °Brix e a acidez normalmente expressa

em acidez titulável. (Ribéreau-Gayon *et al.*, 2000). É o índice mais amplamente utilizado, muito simples mas que deve ser utilizado com precaução. Se por um lado está associado a fenómenos bioquímicos diferentes, em que nem sempre um aumento no teor em açúcares corresponde à mesma descida na acidez, por outro a evolução destes componentes é individualmente específica de cada casta. Sendo este rácio pouco adequado para comparar diferentes castas uma vez que, existem castas mais ricas em açúcar ou ácidos que outras. (Magalhães, 2015; Ribéreau-Gayon *et al.*, 2000).

No entanto a acidez titulável pode ser um parâmetro pouco confiável, o problema está, como Sommers (1975) apresentou, no surgimento de mostos com uma acidez titulável satisfatória mas, por outro lado, pH demasiado elevados devido ao alto teor em potássio das uvas. Na tentativa de encontrar uma alternativa ao índice açúcar/acidez vários índices foram testados levando em conta o pH, que segundo Boulton *et al.* (1996) tem uma importância muito maior na fermentação e conservação dos vinhos do que a acidez titulável. Índices como °Brix.pH, °Brix.pH² foram testados e segundo um estudo realizado por Coombe (1980) o índice °Brix.pH² foi aquele que apresentou melhores resultados.

Tabela 2 - Índices de maturação e valores ótimos (média ± erro padrão). Fonte Coombe *et al.* (1980)

Índices de maturação	Valores preconizados para vinhos brancos
°Brix/AT	2.76 ± 1.0
°Brix.pH	64.4 ± 0.8
°Brix.pH ²	202 ± 4.4

O ponto ótimo de maturação, no entanto, não coincide necessariamente com níveis específicos de açúcar, acidez ou pH. A avaliação da maturação deve considerar os parâmetros mais subjectivos além de índices objectivos, como o sabor, o aroma e a cor assim como os mais standard °Brix para o potencial teor alcoólico, pH para a estabilidade química e microbiológica do vinho, e acidez para o equilíbrio do sabor e estilo do vinho (Johnson, 1995).

3. Material e métodos

3.1. Caracterização do local

O ensaio decorreu no ano de 2017, na vinha da “Meia Encosta” com as castas Alvarinho, Encruzado e Arinto, localizada na Tapada da Ajuda, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.

A vinha da “Meia Encosta” consiste numa coleção de castas brancas (Arinto, Encruzado, Viosinho, Moscatel Galego, Moscatel de Setúbal, Macabeu e Alvarinho) com uma área total de 1,7 ha. As videiras foram plantadas no ano de 2006 com orientação Norte – Sul enxertadas com o porta-enxerto 1103P. A vinha apresenta uma densidade de plantação de 4000 plantas/ha resultado de um compasso de 1 metro na linha e 2,5 metros na entrelinha e está conduzida em monopiano vertical ascendente. As videiras foram podadas em cordão *Royat* unilateral e são suportadas por um sistema de armação que consiste em postes de metal com dois pares arames móveis que permitem orientar a vegetação.

3.2. Castas

- **Alvarinho**

Esta casta, em plena expansão nas diversas regiões do país, 1.800 ha em Portugal, caracteriza-se por apresentar elevado vigor, cachos pequenos com bagos de tamanho médio/pequeno. Em termos fenológicos, comporta-se numa forma geral, entre o abrolhamento e o pintor de uma forma média relativamente ao padrão, no entanto a maturação tem tendência a acontecer precocemente. Relativamente ao potencial enológico o mosto resultante das uvas casta mostra um grau alcoólico provável médio/elevado e uma acidez também elevada (Böhm, 2007).

- **Encruzado**

A casta Encruzado pode ser descrita como uma casta com vigor elevado, cacho médio/pequeno e compacto com bagos médios. Relativamente à fenologia, esta casta apresenta-se entre o abrolhamento e o pintor de uma forma média relativamente ao padrão, porém a maturação tem tendência a suceder precocemente. Quanto ao potencial enológico o mosto resultante das uvas casta apresenta um grau alcoólico provável muito elevado e uma acidez média. Apresenta, em Portugal, uma área de 300 ha (Böhm, 2007).

- **Arinto**

A casta Arinto, casta muito vigorosa, detém cachos grandes e compactos com bagos de pequeno tamanho. No que toca à fenologia, pode dizer-se que a casta, de uma forma geral,

desde o abrolhamento até à maturação comporta-se de forma tardia. Em termos de potencial enológico, pode esperar-se mostos com um grau alcoólico provável médio e elevada acidez. Apresenta uma área, em Portugal, de 5.900 ha (Böhm, 2007).

3.3. Caracterização climática

Segundo Köppen (1936) o clima da região Lisboa, na Tapada da Ajuda, é classificado como Csa, assim, caracteriza-se com temperado húmido, com verão quente e seco.

Segundo dados do Instituto Português do Mar e da Atmosfera a região de Lisboa tem uma precipitação média anual de 774 mm, com precipitação mensal máxima durante os meses de Inverno, cerca de 127,6 mm em Novembro e mínima nos meses de Verão, cerca de 4,2 mm em Julho. O valor médio da temperatura máxima anual está próximo dos 21°C enquanto o valor médio da temperatura mínima anual é 6.8°C (IPMA, 2018).

3.4. Caracterização do solo

Segundo Cardoso (1965) os solos da Tapada da Ajuda enquadram-se na família dos barros castanho-avermelhados não calcários de basaltos (Cb). São solos evoluídos, com apreciável teor de colóides de montemorilonite, o que lhes imprime características especiais, elevada plasticidade quando húmido e rijeza enquanto seco, podendo haver fendilhamento quando o teor de humidade é muito baixo.

3.5. Medições

O acompanhamento da evolução da maturação compreendeu a recolha semanal de amostras acompanhada da análise laboratorial dos parâmetros °Brix, acidez total e pH.

3.5.1. Amostragem

O plano de amostragem consistiu na recolha de 3 amostras por cada casta. O talhão de cada casta foi dividido em 3 blocos de forma a contemplar a variabilidade espacial da vinha. Cada amostra, recolhida sempre durante a manhã, foi constituída por 200 bagos recolhidos utilizando o método frações de cachos sendo guardados em sacos plásticos devidamente identificados e conservados numa mala térmica refrigerada até à altura das análises realizadas no mesmo dia. As frações dos cachos foram colhidas de diversas posições no cacho, dos dois lados da sebe, de cachos de várias ordens e posições, na tentativa de

abranger os diversos microclimas presentes. Foram excluídas as videiras das cabeceiras e doentes. A amostragem de cada casta teve início após estas terem iniciado o pintor.

3.6. Análises laboratoriais

As análises analíticas foram realizadas no laboratório Ferreira Lapa do Instituto Superior de Agronomia e recaíram no teor de sólidos solúveis, pH, acidez total.

3.6.1. Teor em sólidos solúveis

Na determinação dos sólidos solúveis foi utilizado um refratómetro digital com compensação automática de temperatura, trata-se de um método recomendado pela OIV (OIV, 2014). Os resultados obtidos são expressos em °Brix.

3.6.2. Acidez total

Para a determinação da acidez total procedeu-se a uma titulação a pH 7 com hidróxido de sódio (NaOH) usando azul de bromotimol como indicador, método usual OIV (OIV, 2013). Os resultados obtidos são expressos em g/dm³ de ácido tartárico.

3.6.3. pH

A concentração hidrogeniónica do meio é dada pela expressão: $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$. O pH foi determinado com recurso a um potenciómetro, segundo o método usual do OIV (OIV, 2011). Este método baseia-se na medição da diferença de potencial entre dois eléctrodos imersos no líquido a testar. O potencial de um dos eléctrodos é função do pH do líquido, enquanto o outro apresenta potencial fixo conhecido e constitui o eléctrodo de referência.

3.7. Área Foliar

A estimativa da área foliar foi efetuada seguindo a metodologia de Lopes & Pinto (2005) tendo-se medido 10 sarmentos representativos por casta.

Foram realizadas duas medições, a primeira na altura do pintor, na casta Alvarinho foi realizada a 5 Julho, e nas castas Encruzado e Arinto, 29 de Junho e 18 de Julho, respetivamente. A última medição foi realizada à vindima, na casta Alvarinho a 9 Agosto, e nas castas Encruzado e Arinto a 22 de Agosto. Para cada casta foram realizadas medições em 10 sarmentos de diferentes videiras. Na escolha dos sarmentos onde seriam realizadas as medições foi tido em conta representatividade da casta e da parcela, não escolhendo sarmentos com vigor excessivo ou com pouco vigor. As medições realizadas foram

separadas em duas categorias, área foliar principal e área foliar das netas. Foram excluídas folhas cuja nervura central fosse inferior a 3 cm.

Nas duas medições foram efetuados os seguintes registos:

- NF1 – número de folhas principais (nervura principal > 3cm);
- LD1 – comprimento da nervura lateral direita da folha principal
- LE1 – comprimento da nervura lateral esquerda da folha principal
- NF2 - número de folhas secundárias (netas);
- LD2 – comprimento da nervura lateral direita da folha secundária
- LE2 – comprimento da nervura lateral esquerda da folha secundária

Para cálculo da área foliar de uma folha (AF), em cm², utilizou-se uma equação que correlaciona a área da folha com a soma do comprimento das nervuras secundárias (Lopes & Pinto, 2005).

$$AF = 0.2365 \times (LD + LE)^{2.2162}$$

A partir do cálculo da área foliar da folha maior e da folha menor do sarmento é possível calcular a área foliar média (AFM).

$$AFM = \frac{AF_{\max} - AF_{\min}}{2}$$

Em que AF_{máx} é a AF da folha maior (cm²) e AF_{min} é a AF da folha menor (cm²). Foi calculado a área foliar média tanto das folhas principais (AFM1) e das folhas secundárias (AFM2).

A área foliar principal por sarmento foi estimada através da seguinte equação (Lopes & Pinto, 2005):

$$AFP \text{ (cm}^2\text{)} = \text{Exp} [0,0835 + 0,992 \times \text{Ln}(AFM \times NF1)]$$

A área foliar secundaria por sarmento foi calculada segundo a seguinte equação:

$$AFS \text{ (cm}^2\text{)} = \text{Exp} [0.346 + 1.029 \times \text{Ln}(AFM2 + NF2) - 0.125 \times \text{Ln}(Af_{\max})]$$

A área foliar por videira foi calculada através da soma das áreas foliares secundária e principal e multiplicando pelo número médio de sarmentos por videira.

$$AFTotalVid = AFP + AFS$$

3.8. Análise estatística

Os dados obtidos pelo controlo de maturação foram agrupados numa base de dados no programa Excel (Microsoft Office) por casta.

Os resultados foram tratados utilizando a estatística descritiva. Todos os dados estão expressos sob a forma de média dos ensaios realizados em triplicado, com barras de erro que representam o erro padrão, medida que ajuda a avaliar a fiabilidade da média.

Para a avaliação da qualidade dos diagramas de dispersão foi calculado o coeficiente de determinação (R^2), que mede a percentagem de variabilidade da variável dependente que é explicada pela variável independente.

4. Resultados e Discussão

4.1. Clima

O ano de 2017, ano no qual decorreu este estudo, caracterizou-se como um ano anormalmente quente e seco, segundo dados do Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA, 2017).

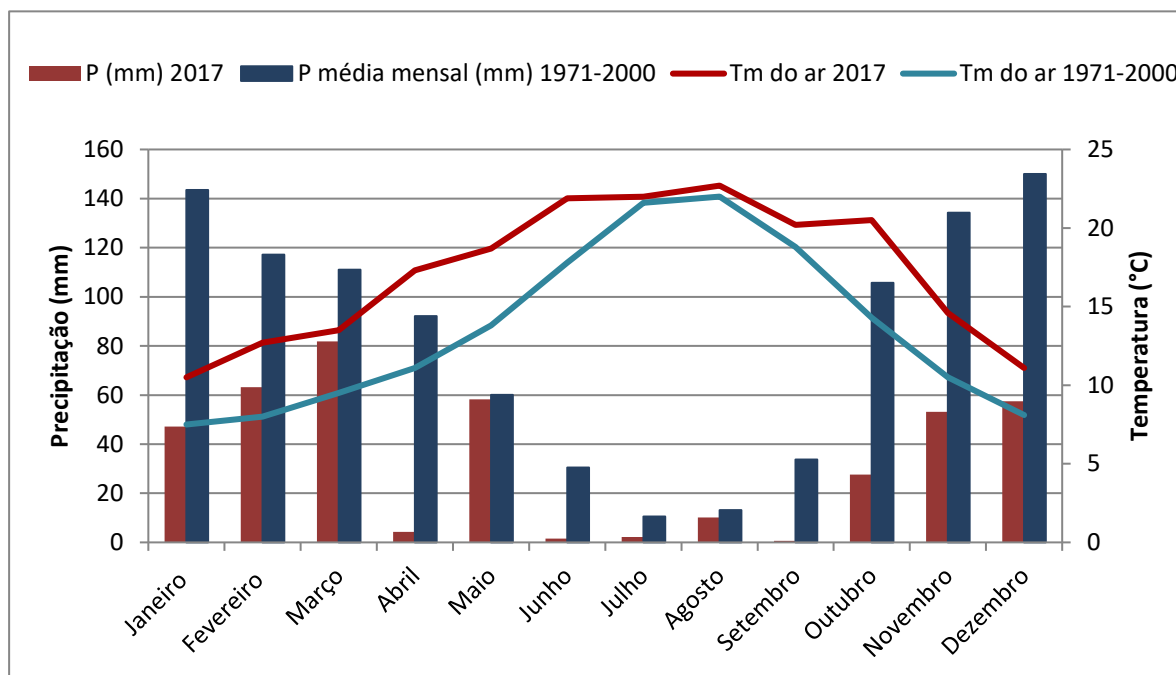


Figura 7 - Precipitação média mensal (mm) e temperatura média mensal do ar (°C) do ano 2017 e média de 30 anos (1971-2000). (Portal do Clima, s.d.)

O período durante o qual a maturação das uvas decorreu, de Julho a Agosto, coincidente com o verão, foi caracterizado por valores da temperatura média do ar superiores ao valor normal e valores da quantidade de precipitação também muito inferiores, como se pode verificar na figura 6, classificando-se o verão como quente e extremamente seco.

Como a vinha onde o estudo teve lugar é regada, o teor de água no solo é passível de ser controlado, assim a precipitação inferior ao normal não é um fator que possa ter influência negativa no decorrer da maturação.

4.1. Área Foliar

Na tabela 2 apresentam-se valores médios da área foliar, constatando-se que ocorreu um decréscimo da área foliar principal ao longo da maturação. Este decréscimo pode estar relacionado com não só com a senescência e queda natural das folhas entre o pintor e a vindima, mas também com a despona efetuada em todas as castas.

Tabela 3 - Área foliar total por videira (AFTotalVid) e relação área foliar/produção; DAP - dias após o pintor;

Castas Data	Alvarinho		Encruzado		Arinto	
	1 DAP	36 DAP	0 DAP	54 DAP	1 DAP	36 DAP
AFTotalVid (m ²)	5.31	4.72	8.01	6.59	6.89	5.31
AFTotalVid/g uva (cm ² /g)	22.1	19.6	21.1	17.4	19.9	15.3

Quanto à relação AFTotalVid/g uva todas as castas apresentam valores superiores aos preconizados por Smart & Robinson (1991). Estes valores indicam que não houve limitação da “source” durante a maturação das uvas, sendo que os valores obtidos foram adequados para garantir uma boa acumulação de açúcares nas uvas.

4.2. Evolução da maturação

4.2.1. Alvarinho

É possível observar na figura 7a que o padrão de acumulação é caracterizado por uma rápida acumulação de açúcares numa fase inicial, apresentando posteriormente uma fase estacionária que representa a paragem da acumulação de açúcares.

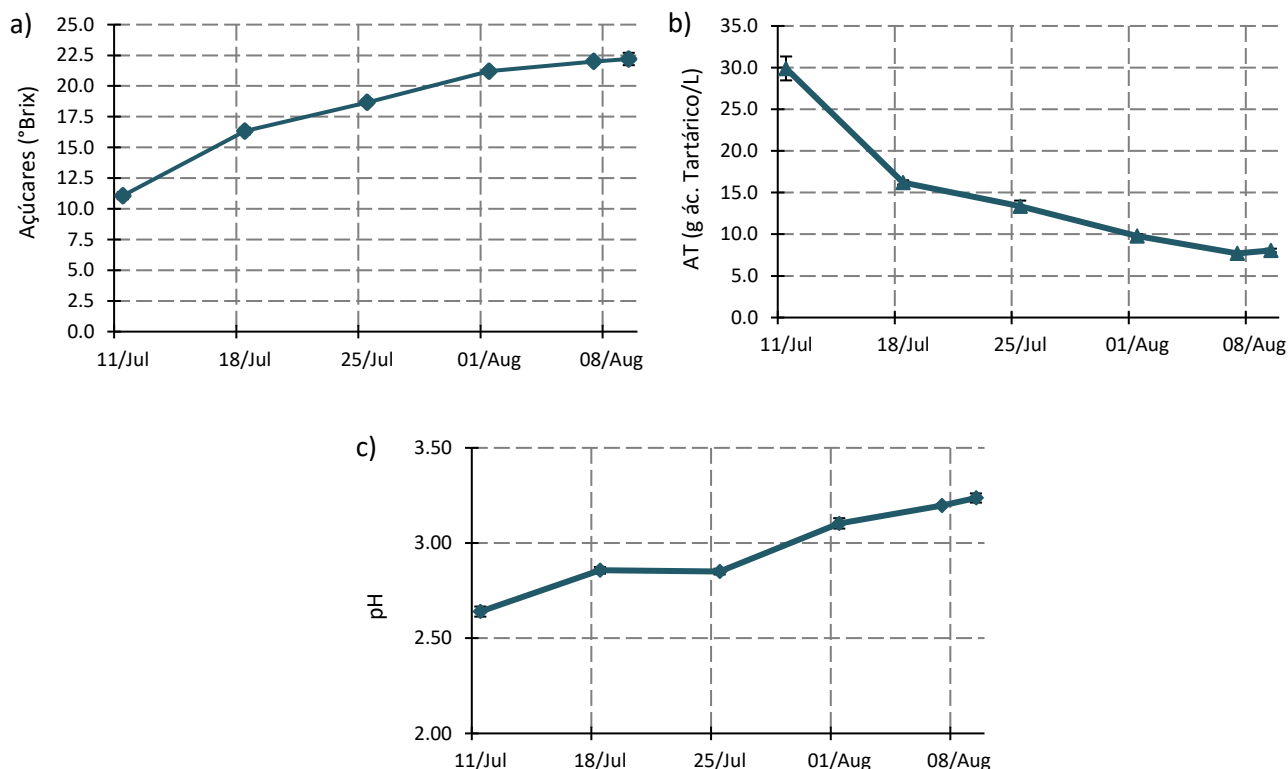


Figura 8 - Evolução do teor de açúcares no mosto (a); acidez total (AT) no mosto (b); pH no mosto (c); na casta Alvarinho; As barras verticais representam o erro padrão da média, nem sempre visíveis.

A acidez total, expressa em g ácido Tartárico/L, apresentou, como esperado, um padrão de evolução oposto ao da acumulação de açúcar. Ao longo do período em estudo a casta Alvarinho apresentou uma degradação dos ácidos rápida numa fase inicial com progressivo abrandamento.

Relativamente ao pH verificou-se, como seria expectável, uma evolução inversa à da acidez total. Durante o período em causa o pH, sofreu um aumento à exceção do período entre 18 e 25 de julho (Fig. 7c).

4.2.2. Encruzado

A casta Encruzado exibiu, ao longo do período de maturação, uma contínua acumulação de açúcares até à vindima, não demonstrando sinais de ter atingido a fase estacionária.

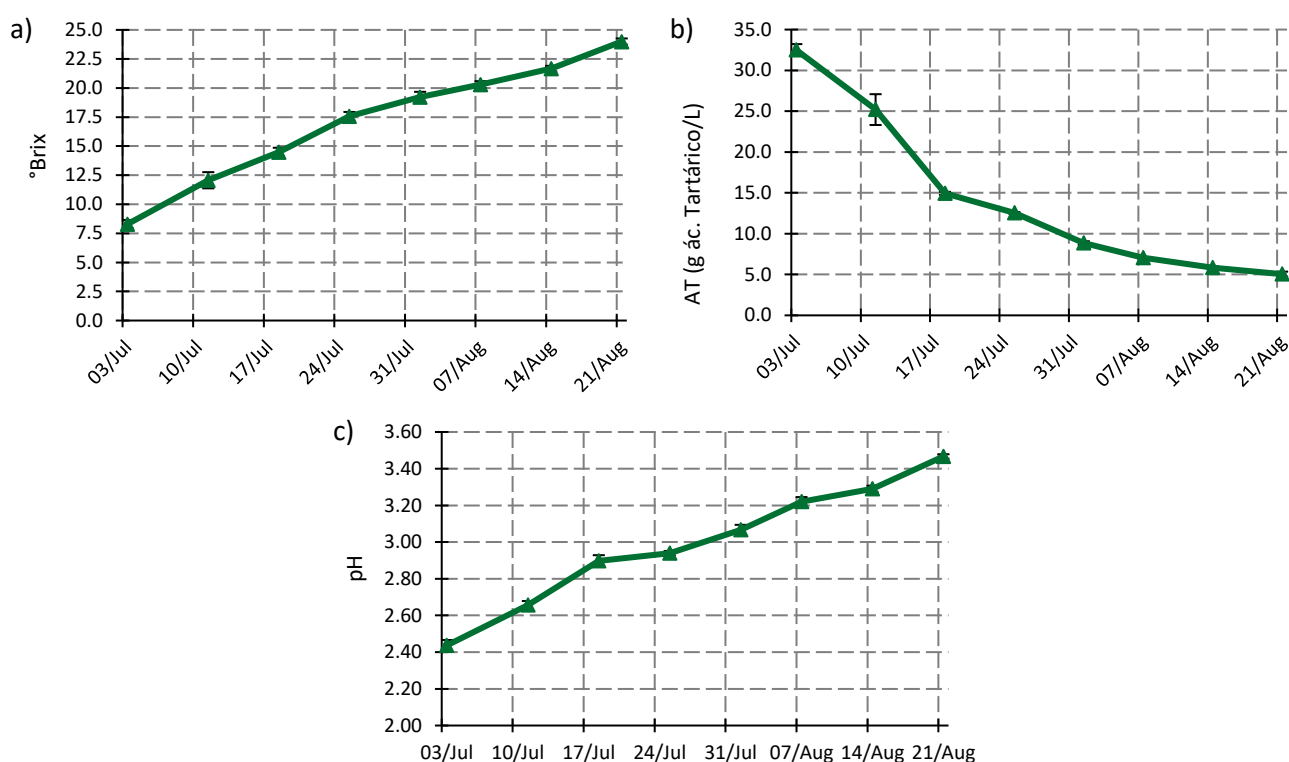


Figura 9 - Evolução do teor de açúcares no mosto (a); acidez total (AT) no mosto (b); pH no mosto (c); na casta Encruzado; As barras verticais representam o erro padrão da média, nem sempre visíveis.

No que respeita à acidez total, a casta Encruzado apresentou, uma degradação dos ácidos, muito rápida numa fase inicial, entre 3 e 18 de Julho, com uma progressiva suavização da degradação dos ácidos até à vindima, como é possível observar na figura 8b.

Quanto ao padrão de evolução do pH, como era esperado, caracterizou-se por um aumento progressivo durante o período em causa (Fig. 8c).

4.2.3. Arinto

A casta Arinto, como se constata ao observar a figura 9a, exibiu um padrão de acumulação caracterizado por uma rápida acumulação de açúcares numa fase inicial, apresentando posteriormente uma fase estacionária.

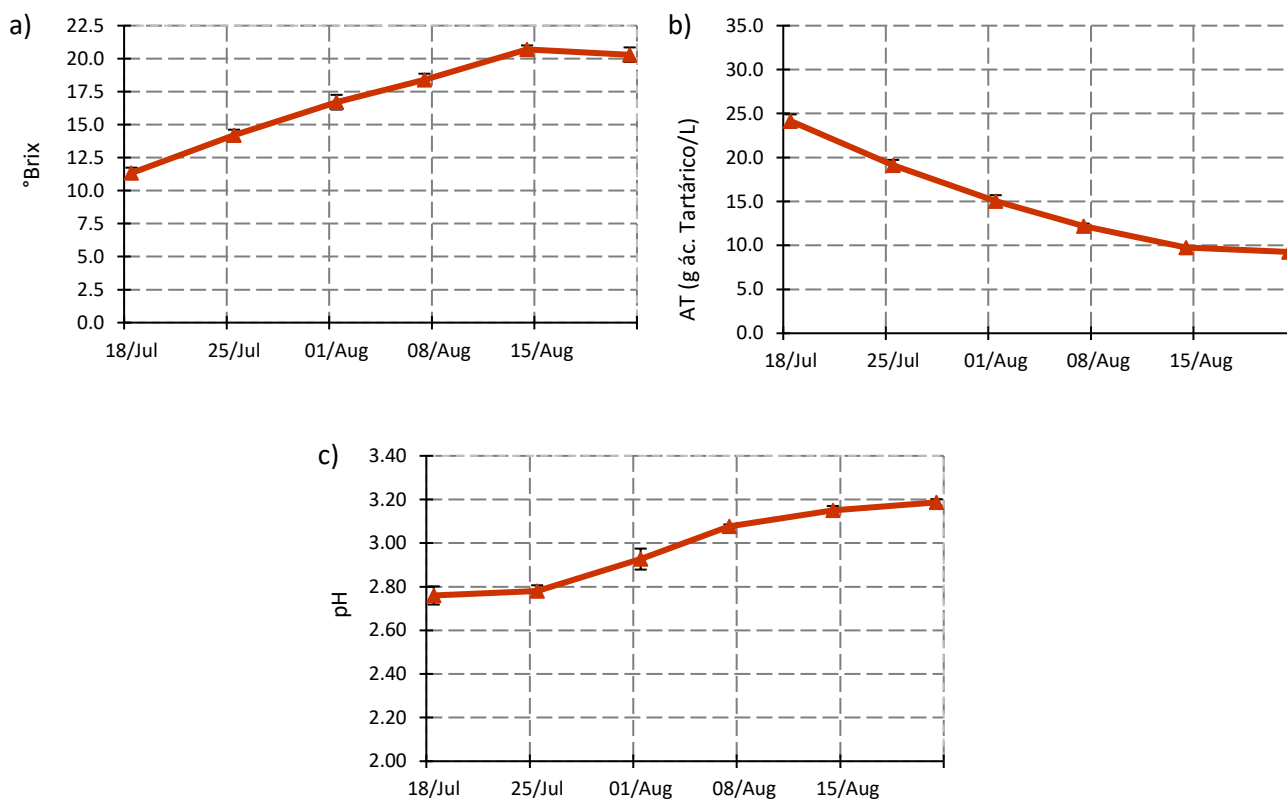


Figura 10 - Evolução do teor de açúcares no mosto (a); acidez total (AT) no mosto (b); pH no mosto (c); na casta Arinto; As barras verticais representam o erro padrão da média, nem sempre visíveis.

No que refere à evolução da acidez total da casta Arinto ao longo do período de maturação, pode-se afirmar que esta se caracterizou por uma lenta e gradual degradação dos ácidos (Fig. 9b).

A evolução do parâmetro pH para a casta Arinto, como era expectável, caracterizou-se por um aumento ao longo do período de estudo. Contudo, como se pode observar na figura 9c, apresenta um aumento exponencial entre o período de 25 de Julho a 7 de Agosto, situação que não se verificou nas restantes castas.

4.3. Análise comparativa das castas

Foi observado que um aumento do teor em açúcares foi a tendência geral ao longo do período de maturação nas três castas em estudo, facto que está de acordo com o que é afirmado por Coombe & Dry (2004) e Deloire (2011).

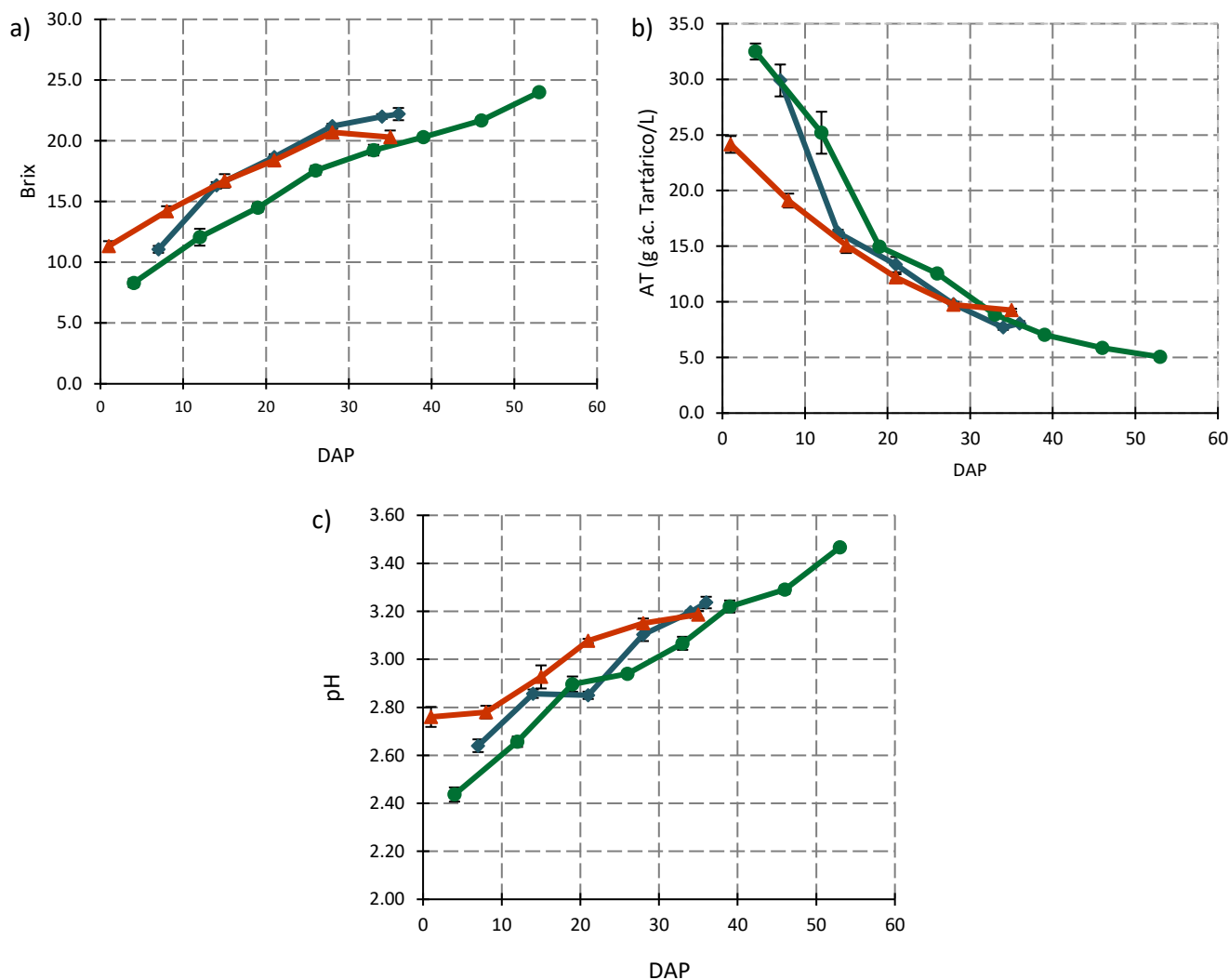


Figura 11- Evolução do teor de açúcares no mosto; b) evolução da acidez total no mosto; c) evolução do pH no mosto; As barras verticais representam o erro padrão da média, nem sempre visíveis; DAP – dias após o pintor

—●— Alvarinho —●— Encruzado —●— Arinto

É de destacar que tanto a casta Alvarinho como a casta Arinto iniciam o período de maturação com um teor em açúcares mais elevado que a casta Encruzado, tendência que se mantém ao longo do período de maturação. A casta Encruzado mostrou-se a casta com o padrão mais lento de acumulação de açúcares (Fig. 10a).

Em qualquer das castas verificou-se uma fase inicial em que acumulação de açúcar foi mais intensa, atingindo posteriormente uma fase estacionária, à exceção da casta Encruzado, onde é observável uma contínua acumulação de açúcares até à vindima. Esta rápida acumulação de açúcares no início da maturação marca, como também foi observado por Mullins *et al.* (1992), de forma bem explícita o início da maturação nas uvas.

Uma vez que o estudo foi apenas realizado em castas brancas, a fase estacionária característica da evolução dos açúcares não é tão evidente e prolongada, uma vez que, de uma forma geral, as uvas de castas brancas são vindimadas mais cedo que as castas tintas na tentativa de preservar a acidez e a componente aromática.

A acidez total apresentou, como esperado, um padrão de evolução oposto ao da acumulação de açúcar. Ao longo do período em estudo, as três castas apresentaram uma diminuição nos teores dos ácidos, facto que é explicado pela utilização do ácido málico em reações para obtenção de energia no bago (Dokoozlian, 2000; Magalhães 2015).

As castas Alvarinho e Encruzado, nos primeiros 20 dias após o pintor, apresentam uma acentuada diminuição do teor em ácidos o que demonstra uma taxa de degradação de ácidos mais acentuada. Posteriormente é observável um progressivo abrandamento da diminuição do conteúdo em ácidos. O Arinto apresentou uma evolução mais lenta, e apesar de ser a casta que ao pintor com o menor teor em ácidos, foi aquela que à vindima apresentou maiores valores de acidez total.

A evolução do pH seguiu nas três castas um padrão de aumento progressivo ao longo de todo o período de maturação, sendo a casta Encruzado a apresentar o valor mais elevado de pH à vindima e a casta Arinto o valor mais baixo.

Ao compararmos as diferentes castas observamos que todas apresentam as mesmas tendências gerais no entanto ritmos diferentes de evolução dos compostos ao longo da maturação.

4.4. Relação entre °Brix e os graus-dia

Ao observar os gráficos da figura 11 onde é possível identificar a relação entre o °Brix ao longo da maturação e os graus dias acumulados (GD acumulados), é também possível verificar que a tendência geral nas três castas é um aumento do °Brix à medida que os GD acumulados aumentam.

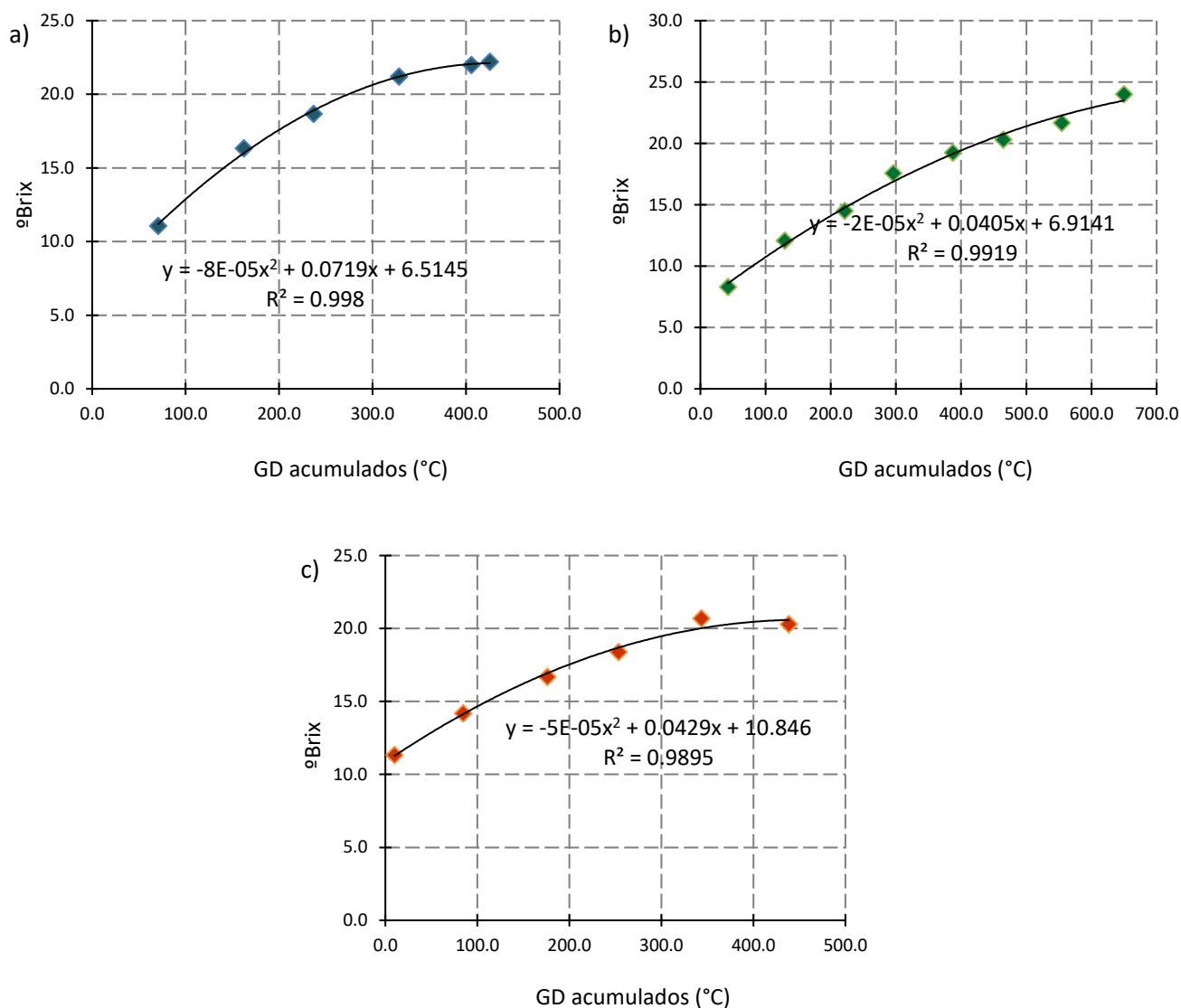


Figura 12 – Relação entre os graus dia acumulados (GD acumulados) (variável independente) e o Brix (variável dependente) relativamente às castas: a) Alvarinho; b) Encruzado; c) Arinto;

Verifica-se que os GD acumulados explicam uma elevada percentagem da variabilidade do °Brix, com a casta Alvarinho (Fig.11a) a apresentar o coeficiente de determinação mais elevado ($R^2=0.998$), seguida da casta Encruzado com um $R^2=0.991$ (Fig. 11b) e do Arinto ($R^2 = 0.989$; Fig. 11c). Esta relação pode ser explicada pela influência marcante da temperatura em diversas reacções que ocorrem no bago durante a maturação, incluindo a acumulação dos açúcares. A acumulação de açúcares é altamente dependente da fotossíntese das folhas particularmente durante o período de maturação, que por sua vez é altamente dependente da temperatura. Gladstones (2011), Iland *et al.* (2011) e Jackson (2014) realçam nos seus trabalhos a influência determinante da temperatura na acumulação de açúcares nos bagos.

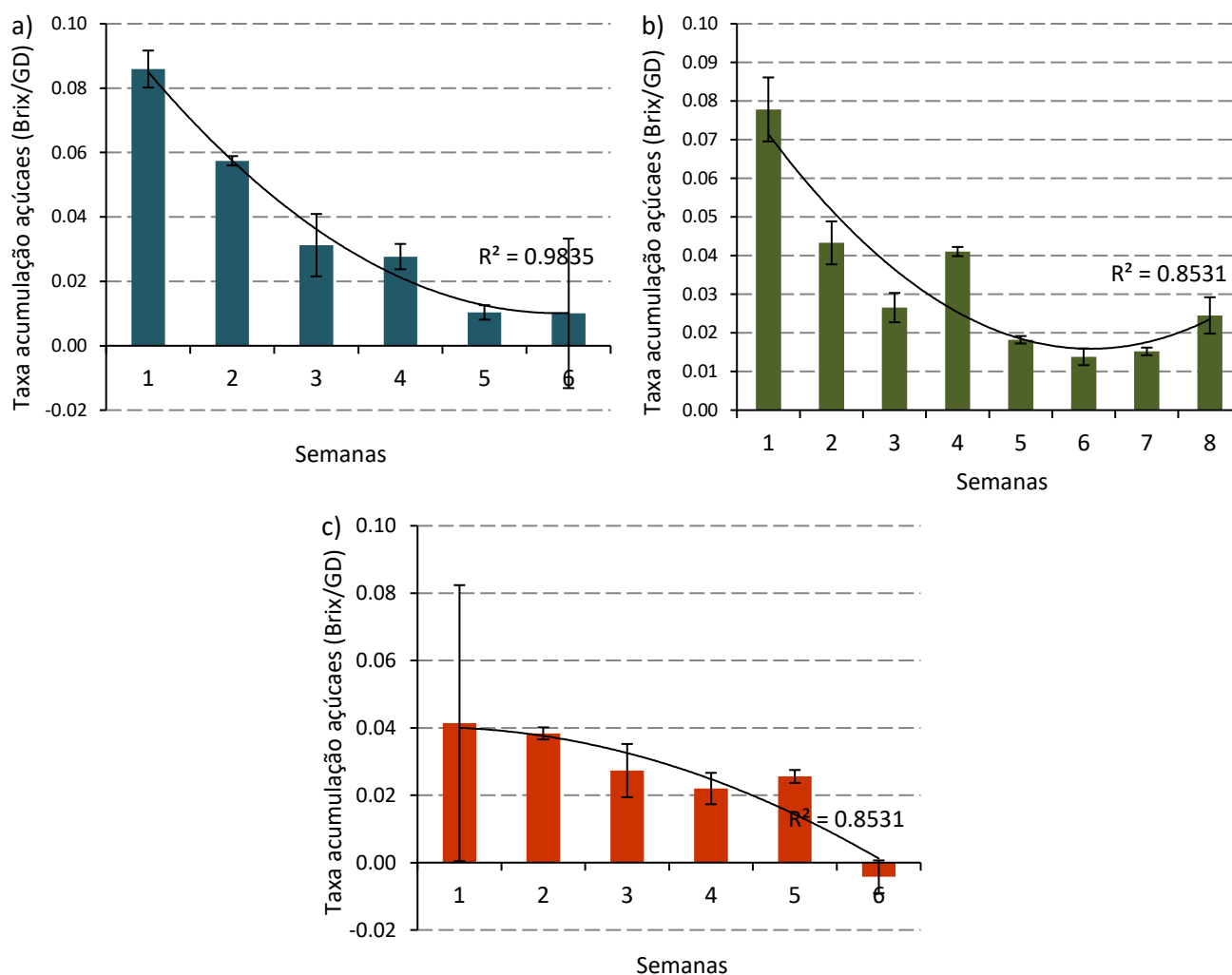


Figura 13 - Evolução da taxa de acumulação de açúcares ao longo da maturação relativamente às castas: a) Alvarinho; b) Encruzado; c) Arinto; As barras verticais representam o erro padrão da média, nem sempre visíveis; GD – graus dia

Ao analisar os gráficos da figura 12, é possível afirmar que a taxa de acumulação de açúcares, obtida através do coeficiente entre o °Brix e os graus dias acumulados nesse período, decresce, nas três castas, com o avançar da maturação.

No caso da casta Alvarinho (Fig. 12a), observa-se que numa fase inicial, nomeadamente nas primeiras duas semanas, a taxa de acumulação de açúcares é elevada havendo posteriormente uma diminuição da taxa, chegando a alcançar à vindima uma taxa de acumulação de açúcares nove vezes mais baixa que a inicial.

No Encruzado é possível assinalar que, apesar de a tendência ser uma diminuição da taxa de acumulação dos açúcares, entre as semanas 3 e 4 e entre as semanas 7 e 8 após o pintor é possível observar um aumento da mesma.

Finalmente, no caso do Arinto a diminuição da taxa de acumulação dos açúcares ao longo da maturação é menos acentuado em comparação com as outras castas.

4.5. Relação entre a acidez total e os graus-dia

Na figura 13, onde está ilustrada a relação entre a degradação dos ácidos ao longo da maturação e os graus dias acumulados (GD acumulados), é possível verificar que a tendência geral das três castas é uma diminuição da acidez total dos bagos à medida que os GD acumulados aumentam.

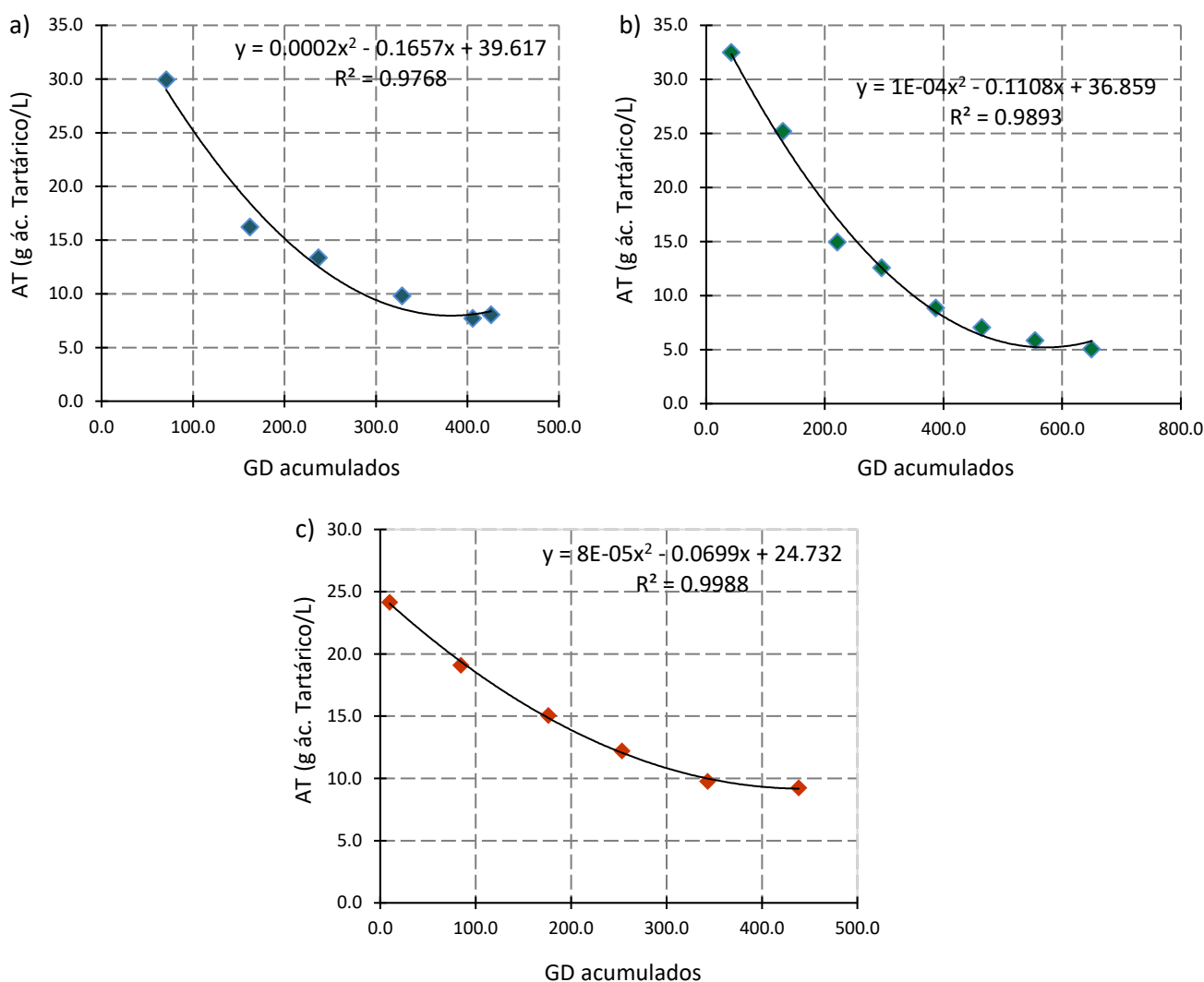


Figura 14 - relação entre os graus dia acumulados (GD acumulados) (variável independente) e a acidez total (AT) (variável dependente) relativamente às castas: a) Alvarinho; b) Encruzado; c) Arinto; As barras verticais representam o erro padrão da média, nem sempre visíveis;

Verifica-se uma correlação entre a acidez total e os GD acumulados muito forte em que os GD acumulados explicam uma elevada percentagem da variabilidade da acidez total, com as castas Alvarinho e Encruzado a apresentarem (Fig. 13ab) 0.976 e 0.989 como valor de coeficiente de determinação seguidas da casta Arinto com um $R^2=0.989$ (Fig. 13c).

Esta relação reflecte o papel da temperatura na composição ácida. Durante a maturação o ácido málico é metabolizado e o seu teor tende a diminuir, sendo que, segundo Iland *et al.*

(2011), quanto mais elevada for a temperatura maior será a taxa de degradação do ácido málico.

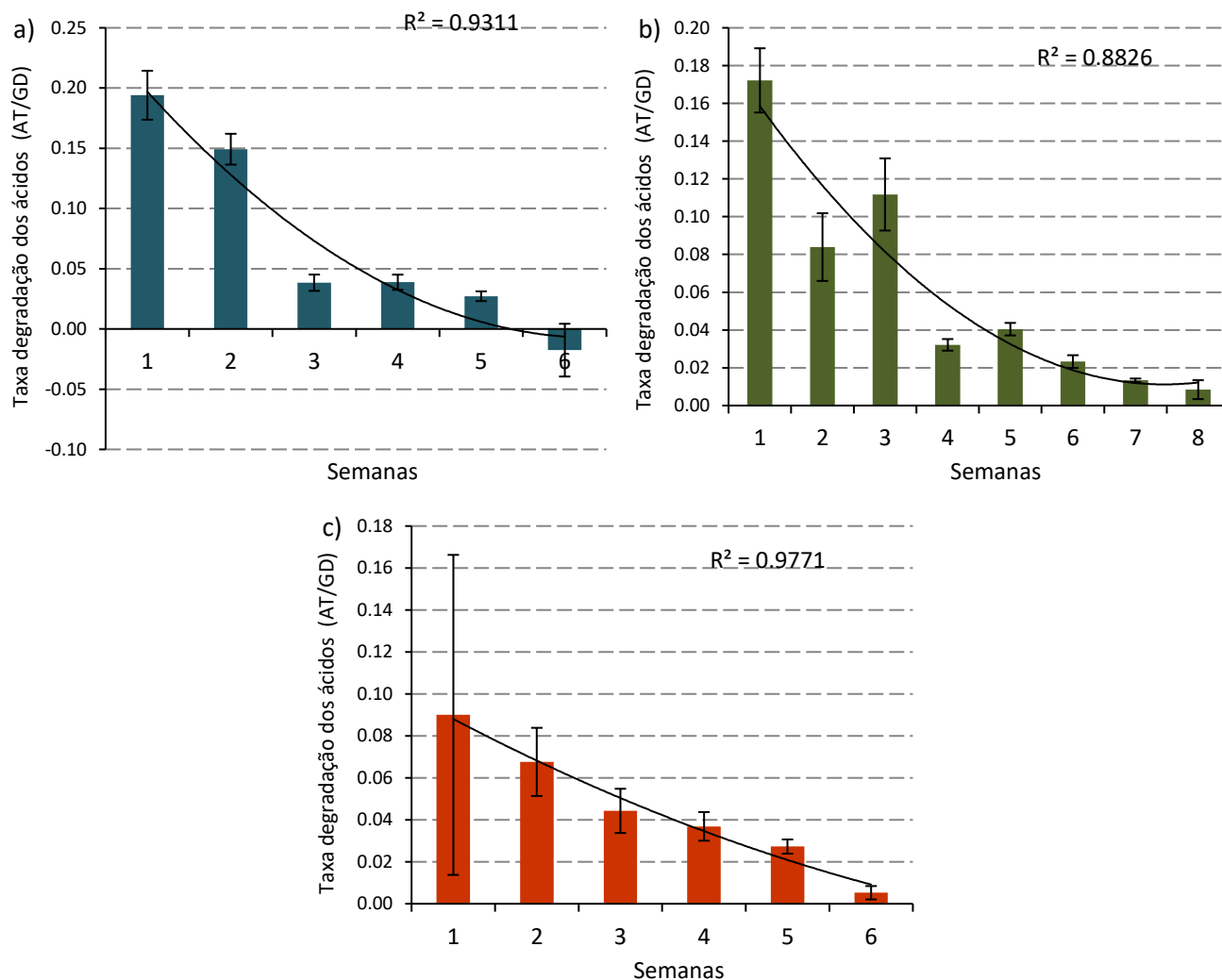


Figura 15 - evolução da taxa de degradação da acidez ao longo da maturação relativamente às castas: a) Alvarinho; b) Encruzado; c) Arinto; As barras verticais representam o erro padrão da média, nem sempre visíveis; GD – graus dia

Observando os gráficos da figura 14 onde estão representadas as evoluções das taxas de degradação dos ácidos ao longo da maturação, é possível afirmar que a taxas de degradação, obtida através do coeficiente entre a acidez total e os graus dias acumulados nesse período, segue, nas três castas, uma evolução de decréscimo com o avançar da maturação.

Na figura 14a relativa à casta Alvarinho, observa-se que numa fase inicial, nomeadamente nas primeiras duas semanas, a taxas de degradação dos ácidos é acentuada, havendo posteriormente uma diminuição da taxa, chegando a alcançar à vindima uma taxas de degradação dos ácidos cerca de nove vezes mais baixa que a tida inicialmente. À vindima apresenta valores negativos da taxa de degradação que, sendo sinal de um aumento do teor de ácidos no bago, pode ser indicativo de sobrematuração.

No Encruzado é possível assinalar que, apesar de a tendência ser uma diminuição da taxa de degradação dos ácidos, entre as semanas 2 e 3 e entre as semanas 3 e 4 após o pintor é possível observar um aumento da mesma. À vindima o Encruzado apresentou uma taxa dezassete vezes inferior relativamente aquela que apresentou no início da maturação, como é possível observar na figura 14b.

No caso do Arinto a diminuição da taxa de degradação ao longo da maturação é menos acentuado em comparação com as outras castas, apresentando uma evolução mais suave e progressiva.

4.6. Índices de maturação

Num estudo efetuado por Coombe *et al.* (1980) estabeleceu-se valor ótimos para os seguintes índices de maturação $^{\circ}\text{Brix}/\text{AT}$, $^{\circ}\text{Brix.pH}$ e $^{\circ}\text{Brix.pH}^2$ à vindima, como pode ser observado na tabela 3.

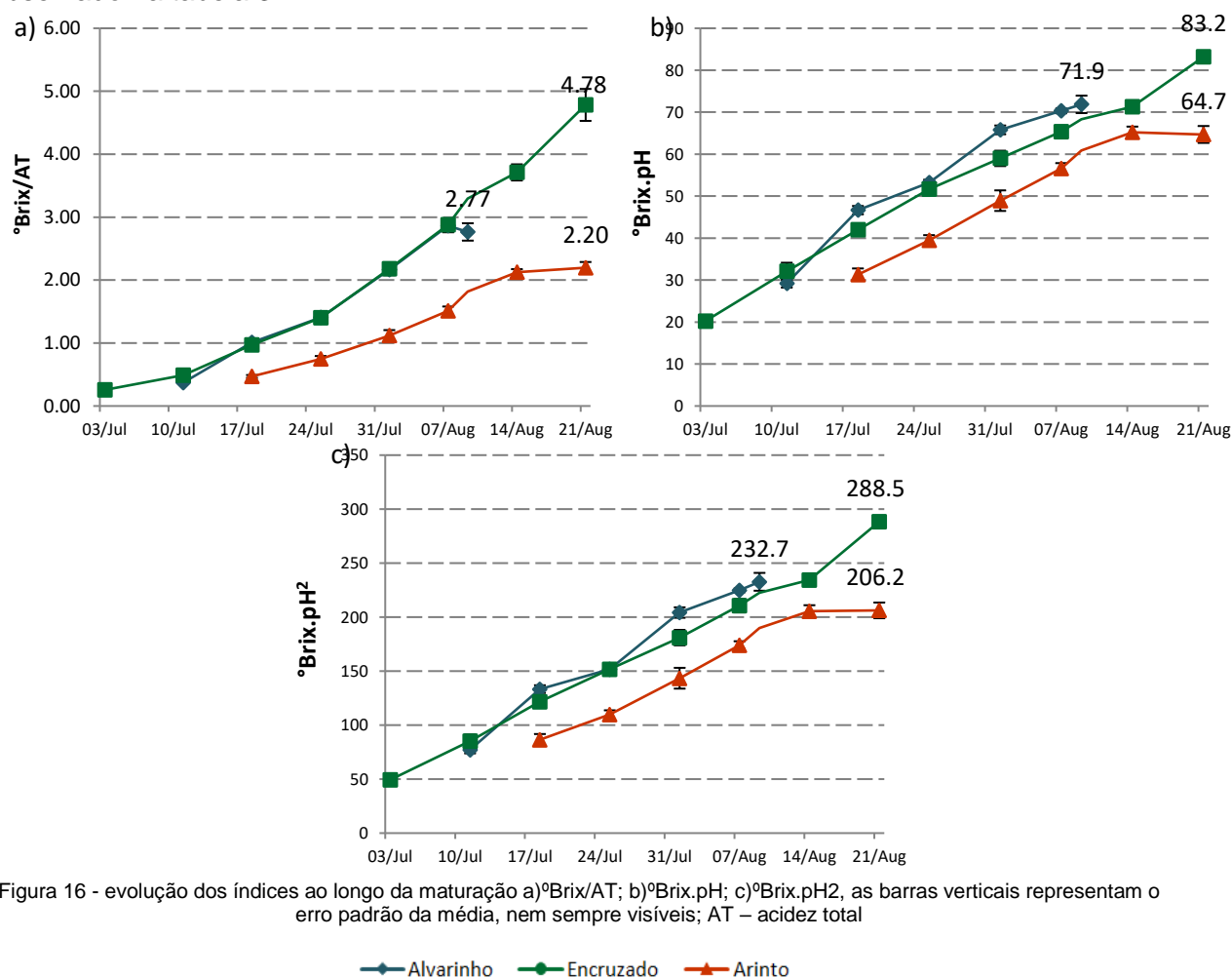


Figura 16 - evolução dos índices ao longo da maturação a) $^{\circ}\text{Brix}/\text{AT}$; b) $^{\circ}\text{Brix.pH}$; c) $^{\circ}\text{Brix.pH}^2$, as barras verticais representam o erro padrão da média, nem sempre visíveis; AT – acidez total

No que diz respeito ao índice de maturação $^{\circ}\text{Brix}/\text{AT}$, como é observável na figura 15, ao longo do período de maturação, as castas Alvarinho e Encruzado obtiveram até à vindima do Alvarinho, a 9 de Agosto, valores muito próximos destes índices. No entanto o Encruzado foi

vindimado com um valor muito dispar do Alvarinho. Há que realçar que a casta Arinto durante todo o período de estudo, nunca obteve valores concidentes do índice com as outras castas.

De salientar que as três castas obtiveram à vindima valores muito distintos do índice $^{\circ}\text{Brix}/\text{AT}$, sendo que apenas o Alvarinho conseguiu um valor que vai ao encontro daquele que foi estipulado como ótimo por Coombe *et al.* (1980).

Como pode ser observado na figura 15, em relação aos índices de maturação $^{\circ}\text{Brix.pH}$ e $^{\circ}\text{Brix.pH}^2$, as castas Alvarinho e Encruzado obtiveram, ao longo da maturação, valores próximos. Contudo, mais uma vez, a casta Arinto obteve sempre valores muito mais baixos que as outras castas e, à vindima, todas as castas apresentaram valores distintos. Desta vez apenas o Arinto obteve valores mais próximos daqueles que foram preconizados como ótimos por Coombe *et al.* (1980) para os índices $^{\circ}\text{Brix.pH}$ e $^{\circ}\text{Brix.pH}^2$. Estas observações são diferentes os resultados obtidos por Coombe (1980).

5. Conclusões

O primeiro objectivo desta dissertação foi acompanhar e analisar a cinética da maturação e definição da data de vindima. Após cerca de dois meses de controlo de maturação, através de análises físico-químicas semanais ao teor em açúcares, acidez total e pH observou-se que, apesar destes três parâmetros terem evoluído da forma que era esperada, cada casta apresentou ritmos de acumulação/degradação e teores diferentes destes parâmetros à vindima. Estes resultados demonstram que todas as castas apresentam características deferentes, consequência da variabilidade genética entre variedades da mesma espécie e isso é visível ao nível da dinâmica da maturação e da composição dos bagos. No mesmo local, com práticas culturais idênticas, diferentes castas amadurecem a diferente ritmo, devido ao comportamento geneticamente determinado de cada variedade, em conjugação com a sua interação com o *terroir*.

No que respeita ao estudo da influência da temperatura na dinâmica da maturação e composição dos bagos os resultados obtidos neste trabalho mostram como a temperatura desempenha um papel determinante. Verificou-se uma forte relação entre os índices bioclimáticos com base na temperatura e a composição da uva à vindima. Mais especificamente, neste trabalho, verificou-se que os GD acumulados explicam uma elevada percentagem (≈ 0.99) da variabilidade do °Brix e acidez total.

Para além disso foi testada a utilização de índices de maturação como forma de definir a data de vindima. Depois do cálculo dos índices observou-se que para todos os índices, as três castas apresentaram, à vindima, valores muito distintos. Esta observação leva a concluir não só o facto destes índices não permitirem comparar diferentes castas, consequência da variabilidade genética existem castas mais ricas em açúcares ou ácidos que outras, mas também a impossibilidade de fixar valores ótimos e standard destes índices à vindima. Consta-se, desta forma, que no acompanhamento da maturação deve-se ter em conta a evolução dos diferentes parâmetros em separado.

6. Bibliografia

Amerine, M. A., & Winkler, A. J. (1944). Composition and quality of must and wines of California grapes. *Hilgardia*, 15: 493-675.

Baeza, P., Sánchez-De-Miguel, P., & Lissarrague, J. R. (2010). Radiation Balance in Vineyards. In S. Delrot, H. Medrano, L. Bavaresco, & S. Grando, *Methodologies and Results in Grapevine Research* (pp. 21-29). Dordrecht: Springer.

Barnuud, N., Zerihun, A., Gibberd, M., & Bates, B. (2014). Berry composition and climate: responses. *Int J Biometeorol*, 58: 1207–1223.

Becker, N. J. (1977). Experimental research on the influence of microclimate on grape constituents and on the quality of the crop. Actas do *OIV Symposium on Quality of the Vintage*, Capetown: Oenological and Viticulture Research Institute. (pp. 181-188).

Bisson, L. (2001). In search of optimal grape maturity. *Practical Winery & Vineyard*, 32-43.

Boehm, E. W. (1970). *Vineyard establishment*. Adelaide: South Australia. Dept. of Agriculture.

Böhm, J. (s.d.). *Macrozonagem vitivinícola da Península Ibérica face ao cenário de alteração climática*. Acedido a 28 de Fevereiro de 2018 em: <http://www.vinetowinecircle.com/terroir/macrozonagem-vitivinicola-da-peninsula-iberica-face-ao-cenario-de-alteracao-climatica/>.

Böhm, J. (2007). *Portugal Vitícola, o grande livro das castas*. Lisboa: Chaves Ferreira Publicações, S. A.

Boulton, R. (1996). The relationships between Total Acidity, Titratable Acidity and pH in wine. *Am. J. Enol. Vitic.*, 31: 76-80.

Carbonneau, A., Champagnol, F., Deloire, A., Sevilla, F. (1998). Conditions de production d'une vendange de qualité In C. Flanzy, *Oenologie, Fondements scientifiques et technologiques* (pp. 649-666). Paris: Tec & Doc Lavoisier.

Cardoso, A. D. (2007). *O Vinho da Uva À Garrafa*. Âncora Editora.

Carvalho, J., (2013). Maturação da uva. Actas do *107º Curso intensivo de Vinificação*. Anadia: DRAP Centro – Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Centro.

- Conde, C., Silva, P., Fontes, N., Dias, A., Tavares, R., Sousa, M., Agasse, A., Delrot, S., Gerós, H. (2007). Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. *Food Global Science Books Ltd*, 1: 1-22.
- Coombe, B. (2000). Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. *ASVO*, 6: 131-135.
- Coombe, B. (1992). Research on development and ripening of the grape berry. *Am. J. Enol. Vitic.*, 43: 101-110.
- Coombe, B. (1976). The development of fleshy fruits. *Annual Review of Physiology*, 28: 27-507.
- Coombe, B., & Dry, P. (2004). *Viticulture Volume 1 - Resources 2nd Edition*. Ashford: Winetitles.
- Coombe, B., Dundon, R., & Short, A. (1980). Indices of sugar-acidity as ripeness criteria for winegrapes. *J. Sci. Food Agric.*, 495-502.
- Curvelo-Garcia, A. S., & Barros, P. (2015). *Química Enológica — métodos analíticos avanços recentes no controlo da qualidade de vinhos*. Publindústria - Edições Técnicas.
- Dami, I. (2014). *Determining grape maturity and fruit sampling*. Disponível em: <https://ohioline.osu.edu/factsheet/HYG-1436>. Acedido a 24 de Abril de 2017
- Davies, C., Boss, P., Gerós, H., Lecourieux, F., & Delrot, S. (2012). Source/Sink Relationships and Molecular Biology of Sugar Accumulation. In H. Gerós, M. Chaves, & S. Delrot, *The Biochemistry of the Grape Berry* (pp. 44-66). Bentham Science Publishers.
- Deloire, A. (2010). Berry development - An overview. *Wynboer Technical Yearbook*, 104-119.
- Deloire, A. (2011). The concept of berry sugar loading. *WynLand*, 93-95.
- Dias, J. (2006). Maturação da uva. Actas do 100º Curso intensivo de vinificação. Anadia: DRABL – Direcção Regional da Agricultura da Beira Litoral.
- Dokoozlian, N. (2000). Grape Berry Growth and Development. In P. Christensen, *Raisin Production Manual* (pp. 30-37). Oakland, California: Agricultural and Natural Resources.
- Fiola, J. (s.d.). *How to Assess Winegrape Maturity*. Acedido a 23 de Janeiro de 2018 em: http://extension.umd.edu/sites/extension.umd.edu/files/_docs/programs/viticulture/WinegrapeMaturityMakeHarvestDecisions.pdf

Ford, C. (2012). The Biochemistry of Organic Acids in the Grape. In H. Gerós, M. Chaves, & S. Delrot, *The Biochemistry of the Grape Berry* (pp. 67-88). Bentham Science Publishers.

Gladstones, J. (2011). *Wine, Terroir and Climate Change*. Adelaide: Wakefield Press.

Goldammer, T. (2015). *Grape Grower's Handbook*. Apex Publishers.

Gladstones, J. (1977). Temperature and wine grape quality in European vineyards. *Actas da Third Australian Wine Industry Technical Conference*, (pp. 7-11). Albury.

Hack, H., Bleiholder H., Buhr L., Meier U., Schnock-Fricke U., Weber E., Witzemberger A., (1992): Einheitliche Codierung der phänologischen Entwicklungsstadien monokotyledon und dikotyledon Pflanzen - Erweiterte BBCH-Skala, Allgemein. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*, 44: 265-270.

Hellman, E. (2004). How to judge ripeness before harvest. *Actas das Southwest Regional Vine & Wine Conference*, (pp. 27-28). Albuquerque

Hidalgo, L. (2011). *Tratado de Viticultura*. S.A. Mundi-Prensa Libros.

Huglin, P. (1978). Nouveau Mode d'Évaluation des Possibilités Héliothermiques d'un Milieu Viticole. *C. R. Acad. Agr. France*, 1117-1126.

Iland, P., Dry, P., Proffitt, T., & Tyerman, S. (2011). *The grapevine from the science to the practice of growing vines for wine*. Adelaide: Patrick Iland Wine Promotions Pty Ltd.

IPMA, (s.d.). *Índices climáticos para a vinha 1971-2000*. Acedido a 20 de Janeiro de 2018 em:
<https://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/agrometeorologia/index.html?page=indices.clima.vinha.xml>.

IPMA, (2017). *Boletim Climatológico Sazonal Verão 2017*. Acedido a 20 de Janeiro de 2018 em:
http://www.ipma.pt/resources/www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20170908/KOpFYJORJCLDbKHakxjd/cli_20170801_20170831_pcl_sz_co_pt.pdf.

Jackson, D., & Lombard, P. (1993). Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality—a review. *Am J Enol Vitic*, 44: 409-430.

Jackson, R. (2014). *Wine Science Principles and Applications*. Elsevier Inc.

Johnson, A. (1995). Evaluation of wine grape maturity for harvesting. *Vineyard & Vintage View*, 325-340.

Jones, G. (2006). Climate and Terroir: Impacts of Climate Variability and Change on Wine. In R. W. Macqueen, & L. D. Meinert, *Fine Wine and Terroir: The Geoscience Perspective* (pp. 203-216). Newfoundland: Geoscience Canada Reprint Series Number 9, Geological Association of Canada, St. John's.

Keller, M. (2004). Grape ripening and determination of grape maturity. *Actas do 33rd Annual New York Wine Industry Workshop*, (pp. 119-123). Prosser: Washington State University, Irrigated Agriculture Research and Extension Center.

Kennedy, J. (2002). Understanding grape berry development. *Practical Winery and Vineyard*, 14-23.

Kliewer, W., Marois, J., Bledsoe, A., Smith, S., Benz, M., & Silvestroni, O. (1988). Relative effectiveness of leaf removal, shoot positioning and trellising for improving winegrape composition. *Actas do 2nd International Symposium of Cool Climate Viticulture and Oenology*, (pp. 132-128). Auckland.

Köppen, W. (1936). Das geographische System der Klimate. In W. Köppen, & R. Geiger, *Handbuch der Klimatologie* (pp. 1-44). Berlin: Gebruder Borntraeger.

Lopes, C. (2008). Rega da Vinha. *Actas da I Conferências da Tapada*. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia

Lopes, C.M., Egípto, R., Pedroso, V., Braga, R., & Neto, M. (2017). Can berry composition be explained by climatic indices? Comparing classical with new indices in the Portuguese Dão region. *Acta Hortic.* 1157, 59-64.

Lopes, C.M., Pinto, P.A., (2005). Easy and accurate estimation of grapevine leaf area with simple mathematical models. *Vitis* 44: 55-61.

Lorenz, D., Eichhorn, K., Bleiholder, H., Klose, R., Meier, U. & Weber, E. (1995), Growth Stages of the Grapevine: Phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*)—Codes and descriptions according to the extended BBCH scale. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 1: 100-103.

Magalhães, N. (2015). *Tratado de Viticultura - A Videira, A Vinha e o "Terroir"*. Lisboa: Esfera Poética.

Mullins, M., Bouquet, A., & Williams, L. (1992). *Biology of the Grapevine*. Cambridge: Cambridge University Press.

OIV, (2013), *Recueil des méthodes internationales d'analyse des vins et des moûts*. Ed. Organisation Internationale de la Vigne et du Vin, Paris.

OIV, (2014), *Recueil des méthodes internationales d'analyse des vins et des moûts*. Ed. Organisation Internationale de la Vigne et du Vin, Paris.

Ojeda, H., Deloire, A., Carbonneau, A., Ageorges, A., & Romieu, C. (1999). Berry development of grapevines: relation between the growth of berries and their DNA content indicate cell multiplication and enlargement. *Vitis*, 38: 145-150.

Peynaud, E. (1993). *Conhecer e Trabalhar o Vinho*. Litexa.

Portal do Clima, (s.d.). *Portal do Clima, alterações climáticas em Portugal*. Acedido a 20 de Janeiro de 2018 em: <http://portaldoclima.pt/pt/>

Ribera-Fonseca, A., Noferini, M., Jorquera-Fontena, E., & Rombolà, A. (2016). Assessment of technological maturity parameters and anthocyanins in berries of cv. Sangiovese (*Vitis vinifera* L.) by a portable vis/NIR device. *Scientia Horticulturae*, 209: 229-235.

Ribéreau-Gayon, P., Dubourdieu, D., Donèche, B., & Lonvaud, A. (2000). *Handbook of Enology The Microbiology of Wine and Vinifications*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

Riou, C., Becker, N., Sotes Ruiz, V., Gomez-Miguel, V., Carbonneau, A., Panagiotou, M. (1994). Le déterminisme climatique de la maturation du raisin: application au zonage. *Office des Publications Officielles des Communautés Européennes*.

Robinson, S., & Davies, C. (2000). Molecular biology of grape berry ripening. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6: 175-188.

Rosa, W. (2001). *Maturity of grapes as related to pH at harvest*. Delano: California Grape Products Corporation.

Santos, T. P., Lopes, C., Rodrigues, M. L., Souza, C. R., Ricardos-da-Silva, J., Maroco, J. P. (2005). Effects of partial root-zone drying irrigation on cluster microclimate and fruit. *Vitis*, 117-125.

Smart, R. E., & Robinson, M. (1991). *Sunlight into wine. A handbook for Winegrape Canopy*. Adelaide: Winetitles.

Smart, R. (1977). Climate and grapegrowing in Australia. Actas da *Third Australian Wine*, (pp. 12-18). Albury.

Somers, T. (1975). In search of quality red wines. *Food Technology in Australia*, 49-56.

Taylor, J. A., (2004). *Digital terroirs and Precision Viticulture: Investigations into the application of information technology in Australian vineyards*. PhD thesis. Faculty of Agriculture, Food and Natural Resources, The University of Sydney.

Tonnieto, J. (1999). Les Macroclimats Viticoles Mondiaux et l'Influence du Mésoclimat sur la Typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le Sud de la France: Méthodologie de Caractérisation. *Thèse Doctorat*. Montpellier: Ecole Nationale Supérieure Agronomique.

Williams, L., Biscay, P., & Smith, R. (1987). Effect of interior canopy defoliation on berry composition and potassium distribution in Thompson Seedless grapevines. *American Journal*, 38: 287-292.